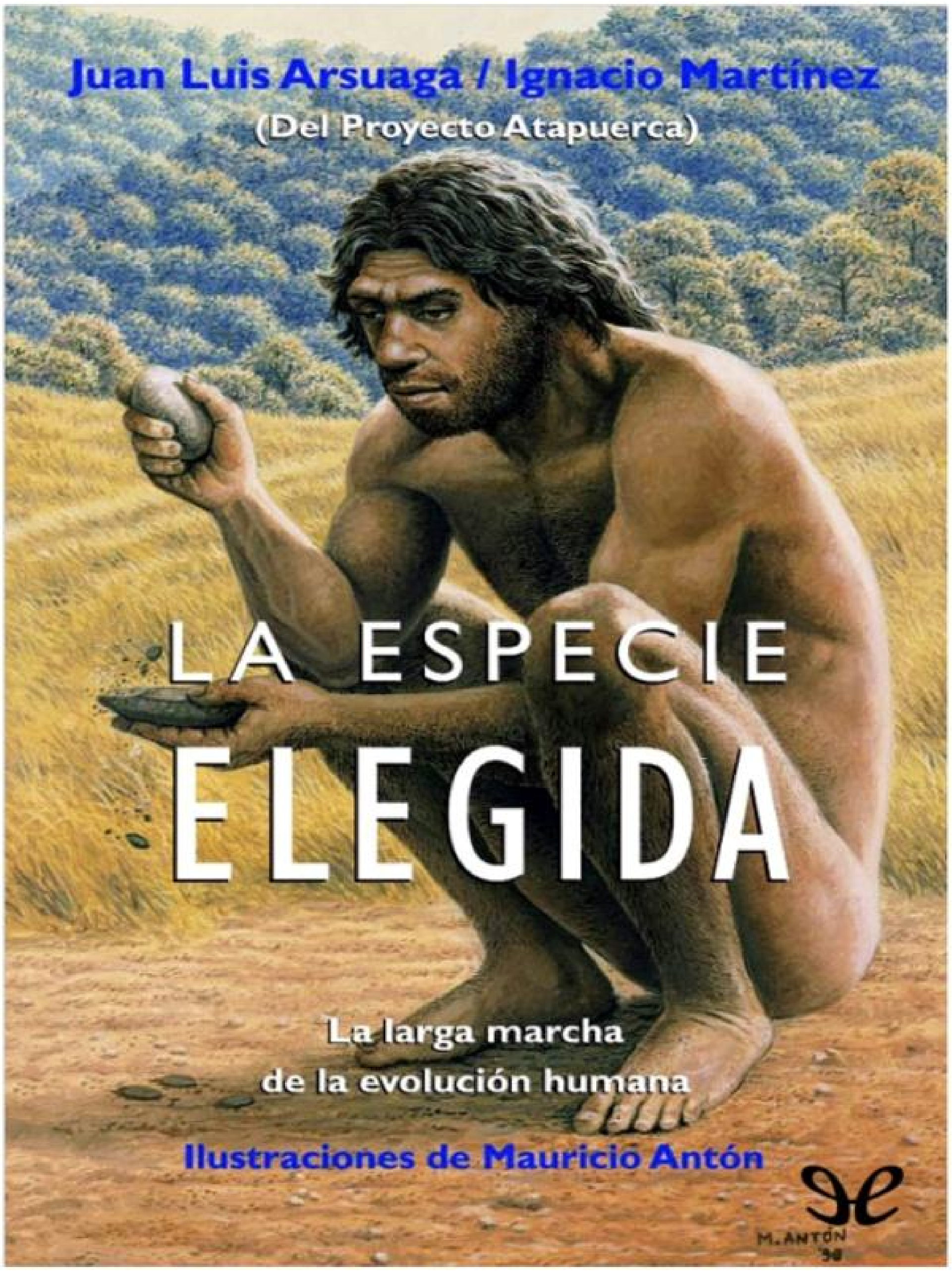

Juan Luis Arsuaga / Ignacio Martínez
(Del Proyecto Atapuerca)
LA ESPECIE
ELEGIDA
La larga marcha
de la evolución humana
Ilustraciones de Mauricio Antón
M. ANTÓN

A Lourdes

A Chon

A título provisional, considera con zoólogos y anatómicos que el hombre tiene más de mono que de ángel y que carece de títulos para envanecerse y engreírse.

SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL

Pre-Historia

Siento verdaderamente que la conclusión fundamental a la que ha llegado este libro, esto es, que el hombre desciende de una forma inferiormente organizada, resulte a muchos altamente desagradable.
CHARLES DARWIN, *El origen del hombre*.

Contenido:

1.-La pequeña Lucy

«La pequeña Lucy caminaba penosamente por la sabana africana. Generaciones de esfuerzo continuado habían permitido que este tipo de locomoción llegara a sustituir a la forma cuadrúpeda de marchar de sus antepasados. Cargada con su hijo en brazos, se sentía desfallecer mientras se acercaba al grupo de acacias espinosas que se divisaban al fondo, bajo el tórrido sol tropical.

Con su pequeña estatura, apenas superior al metro, y sus menos de treinta kilos de peso, sólo su astucia le había permitido esquivar a poderosos depredadores. Carecía de instrumentos de piedra.

Había pasado un millón de años desde que sus antepasados, los primeros homínidos, decidieron abandonar la protección del bosque y adentrarse en las sabanas que se extendían cada día más y más, a favor del gran cambio climático que se estaba produciendo. Sus parientes, los antepasados de chimpancés y gorilas, habían preferido la seguridad del bosque y allí permanecerían para siempre. Porque el destino pertenecía a los audaces, a quienes desafiaran los peligros de los medios abiertos. Algún día éstos evolucionarían, desarrollarían sus cerebros y sus inteligencias, fabricarían toda clase de instrumentos, descubrirían el fuego y ahuyentarían para siempre al león, al leopardo y a la hiena. Finalmente conquistarían el mundo. Todo eso si Lucy y su pequeña criatura sobrevivían y se

unían al pequeño grupo de australopitecos que aguardaban en el bosquecillo, y que constituían el futuro de la humanidad. Lucy tenía literalmente nuestro futuro en sus piernas».

Pero no, querido lector, éste no es uno de *esos* libros; no nos hemos dejado llevar por nuestra fantasía. Este libro no es un cuento sobre la evolución humana. No pretende mantener en vilo tu atención pendiente de las peripecias de nuestros antepasados. Después de todo, la novela de la evolución humana tiene un final conocido. Sí, Lucy sobrevivió si así lo deseas. A fin de cuentas todos nosotros descendemos de muchas Lucys.

Misia Landau ha llamado la atención sobre la estructura narrativa de las historias acerca de la evolución humana, la retórica que las envuelve y su parecido con la literatura mitológica o religiosa. Esto es obvio en las resonancias bíblicas de los nombres que se dan en ocasiones a las hipótesis científicas sobre nuestro origen, como hipótesis de la Eva Negra o hipótesis del Arca de Noé, o el propio título de este libro. Aunque en realidad, otras veces sólo se persigue llamar la atención del lector con títulos que le resulten familiares, como la hipótesis Out of África (el original inglés de *Memorias de África*), o la hipótesis East Side Story. Pero lo realmente importante no es el nombre que se les dé a las hipótesis, sino que puedan ser cotejadas con los hechos, modificadas e incluso rechazadas si no son compatibles, ya que es esto lo que las convierte en hipótesis científicas y no meras opiniones o fantasías. Sólo los dogmas permanecen inmutables.

Porque, se cuente como se cuente su historia, Lucy es mucho que un mito. Lucy es real. Su descubridor, Donald Johanson, le puso en 1974 ese nombre a un esqueleto muy bien conservado de una hembra de homínido que vivió en lo que hoy es Etiopía hace 3,2 millones de años. Y realmente era pequeña. Su medio ya no eran las selvas cerradas y húmedas, sino espacios más abiertos y secos que, a la vez que aumentaban el riesgo de que fuera víctima de los depredadores, proporcionaban nuevos recursos vegetales Lucy no era capaz de hablar como nosotros, su cerebro no era sustancialmente mayor que el de un chimpancé y no disponía de instrumentos de piedra, pero ya era bípeda. Todo lo demás que se ha dicho acerca de la escisión de las líneas que conducen al chimpancé y a nuestra especie, cuándo y dónde tuvo lugar, el cambio climático que se produjo y la reducción del bosque

tropical que supuso, todo está basado en datos científicos. Sólo la manera de contar la peripecia de un homínido en particular tiene forma de novela.

Sin embargo, hay elementos en la estructura de este cuento que permanecen ocultos a la vista, pero que tienen hondas implicaciones para el correcto entendimiento, no sólo de la evolución humana sino de la evolución en general. Por eso conviene analizar estas narraciones con detenimiento.

En primer lugar, el cuento es evolucionista, admite el origen de nuestra especie por evolución a partir de otras especies, formando así una larga cadena que se continúa a lo largo del tiempo.

Sin embargo, la estructura del relato presentado no es darwinista, porque de una manera sutil reconoce a los organismos vivientes un papel activo en su propia evolución, les da un protagonismo frente a los cambios del medio ambiente. Más aún, en el primer párrafo del relato se atribuye la adquisición de la marcha erguida al esfuerzo y al ejercicio continuado. Por el contrario, para Darwin los organismos son sujetos pasivos en la evolución; constituyen la materia que la selección natural moldea, dando forma a las diferentes y cambiantes especies a lo largo del tiempo, sin que las actividades que desarrollen los individuos durante su vida consigan modificar lo más mínimo las estructuras anatómicas y los órganos que heredarán sus hijos.

Finalmente, y esto es lo más importante de todo, el relato con el que abrimos el libro no presenta la evolución como un proceso dirigido por fuerzas, internas o externas, que siguiendo un plan o designio preestablecido la guían hacia su culminación en el ser humano. Lucy pudo muy bien morir y su descendencia perderse, la especie entera pudo haberse extinguido, y nosotros no estaríamos ahora aquí. Dicho en otras palabras, según este cuento no somos la consecuencia necesaria del proceso evolutivo, sino que hemos estado expuestos a los avatares del destino.

La mayor parte de las personas con las que hemos tenido ocasión de hablar sobre la evolución humana, fuera del ámbito profesional, no tenían inconveniente en admitir el origen evolutivo de nuestra especie, pero estaban convencidas de que, en todo caso, somos la especie «más evolucionada», la cima de todo el proceso evolutivo; en suma, la «especie elegida». Dado que ésta parece ser una firme convicción

general, y puesto que para discutirla es necesario entender cómo se produce la evolución, en qué consiste, y hacia dónde se dirige, si es que va hacia alguna parte, dedicaremos el primer capítulo y el último a esta trascendental cuestión.

2. Paleontólogos intrépidos

Éste tampoco es un libro sobre osados paleoantropólogos y sus aventuras para descubrir fósiles humanos, aunque los autores podrían contar de primerísima mano algunas de esas historias.

La investigación científica es siempre una aventura intelectual, que se plantea retos, que trata de alcanzar nuevos horizontes de conocimiento, y que debe superar numerosos obstáculos con grandes dosis de ingenio y esfuerzo. Pero la paleontología es una aventura por partida doble, porque la búsqueda de sus objetos de estudio se desarrolla en pleno campo, en la naturaleza.

Cuando en Ciencia se habla de un hallazgo, generalmente nos estamos refiriendo al descubrimiento de alguna ley o propiedad, o a la solución de un intrincado problema que tal vez pueda expresarse por medio de una fórmula. En el caso de la paleoantropología, además de esos descubrimientos, un hallazgo puede en casos extraordinarios tomar una forma más sólida y material. Puede tratarse del resto fosilizado de alguno de nuestros remotos antepasados. Los paleontólogos somos los únicos científicos que disponemos de la capacidad de viajar profundamente en el tiempo y, en nuestro caso, transportarnos a cualquier momento de la historia de nuestros orígenes. Confiamos en que este libro sabrá trasladar al lector toda la pasión que sienten los autores por la búsqueda de nuestros ancestros, sin que sea necesario describir las emociones que vivimos en los momentos inolvidables de los descubrimientos de fósiles humanos, sentimientos que compartimos con compañeros de fatigas y que, a decir verdad, no sabríamos expresar con palabras.

Cada vez que hemos dado una conferencia hemos podido palpar el interés que la evolución humana despierta en el público más diverso. Pero, al final de las charlas, los asistentes no se atreven a formular las preguntas que les vienen a la mente, porque les parecen demasiado elementales, indignas de ser formuladas a un profesional de la paleontología. La gente desconoce que los interrogantes que se plantea todo el mundo son los mismos que trata de contestar el científico, y que a

menudo son los más difíciles de responder. ¿Cómo se sabe la antigüedad de los fósiles? ¿Dónde y cuándo aparecimos? ¿Somos desde el principio de nuestra historia «monos asesinos»? ¿Qué fue primero, ser bípedo o ser inteligente? ¿Eran monógamos nuestros antepasados? ¿Por qué el parto es doloroso? ¿Cuánto duraba la infancia en los homínidos primitivos? ¿De qué se alimentaban? ¿Cuánto medían? ¿Desde cuándo hablan los seres humanos?

¿Somos la especie de homínido con el cerebro mayor? Este libro fue concebido para responder a esas preguntas. Pero para que puedan ser contestadas, han de ser planteadas adecuadamente y necesitan situarse en el contexto de la evolución humana.

El trabajo de un paleoantropólogo es, en parte, similar al de un detective. Al igual que éste, el paleoantropólogo llega a la escena del «crimen» cuando ya se ha producido. A partir de datos indirectos debe reconstruir la secuencia de acontecimientos que tuvieron lugar y, lo que es más difícil, encontrar explicaciones lógicas que permitan comprender lo ocurrido; tanto el detective como el paleoantropólogo deben dar cuenta del cómo y el porqué de lo ocurrido.

Las buenas novelas policíacas ofrecen al lector todas las pistas y los razonamientos del protagonista para esclarecer el caso. Resulta fastidioso llegar al final de la novela para encontrar que la solución dependía de evidencias que sólo conocía el protagonista y que se habían hurtado al lector hasta ese momento. Pero lo que resulta realmente imperdonable en una novela de detectives es que no se explique satisfactoriamente la solución del caso, ya que lo divertido no es saber quién fue el asesino sino cómo se averiguó. Esto es así porque el género policíaco va dirigido a la inteligencia del lector. Pero para que éste disponga de toda la información y pueda luego maravillarse de la sagacidad del detective, ha de asistir a los interrogatorios de todos los testigos, observar con detenimiento el escenario del crimen, investigar los antecedentes de los sospechosos, estudiar los resultados de los análisis de los laboratorios y dedicar tiempo a reflexionar para intentar encajar todas las piezas.

Pues bien, este libro también está dirigido a la inteligencia de nuestros lectores, por lo que hemos intentado que se encuentren entre sus páginas todos los datos y razonamientos en que se basan las conclusiones. Para ello, el libro se desarrolla a lo

largo del eje cronológico de la evolución de los homínidos y va abordando en diferentes momentos las preguntas clave. Como en las novelas policíacas, puede el lector saltarse las páginas intermedias para buscar directamente la solución del «caso», pero se perderá lo mejor de la trama y, además, en muchas cuestiones la evolución humana todavía permanece como un «caso abierto».

Dos citas que se recogen en el *Diccionario de cine* de Fernando Trueba han influido, esperamos que para bien, en la concepción de este libro. Una de las citas se comentará en el Epílogo. Otra viene a cuento aquí, porque supuso un gran alivio cuando estábamos tratando de hacer fácilmente comprensibles para el gran público algunos problemas científicos que son realmente muy complicados. En relación con la palabra «sencillez», en el libro de Fernando Trueba se lee la siguiente frase de Albert Einstein: «Todo debe hacerse lo más simple posible, pero no más simple».

Primera Parte
HIJOS DE ÁFRICA

Capítulo 1
Principios básicos de la teoría evolutiva

> Parece no haber más propósito en la variabilidad de los seres vivientes y en la acción de la selección natural que en la dirección en la que sopla el viento.
> CHARLES DARWIN, *Autobiografía*.

Contenido:

1. La herencia de los caracteres adquiridos

Parece lógico que la evolución de las especies guarde relación directa con los hábitos de vida de los individuos que las componen. Si nuestros antepasados vivían en los árboles y se desplazaban por ellos, sería natural que se entrenasen durante la vida en saltar y trepar. Así se producirían alteraciones en su constitución física que sus hijos heredarían, y que éstos ampliarían y transmitirían, mejoradas, a la siguiente generación. Si un día unos monos adoptaron la costumbre de bajar de los árboles y caminar en el suelo sobre sus piernas, el ejercicio de esta actividad facilitaría las cosas a sus vástagos, que de continuar con esa nueva forma de locomoción irían modificando por el uso, generación tras generación, las estructuras anatómicas necesarias para la bipedestación.

De este modo entendía la evolución a principios del siglo XIX Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829), y en el núcleo de su teoría se encerraba el principio de que las transformaciones producidas en los individuos durante la vida por el uso y desuso de los órganos y estructuras se transmiten a los hijos. En su más célebre

ejemplo, las jirafas habrían adquirido sus largos cuellos después de estirarlos durante generaciones para alcanzar las hojas de los árboles.

Aunque esta explicación parezca muy razonable, desafortunadamente para Lamarck el mundo natural no se rige por la lógica humana. El conocimiento de las leyes de la herencia, desde Gregor Mendel (1822-1884) hasta la actualidad, nos lleva a descartar el planteamiento lamarckista.

Hagamos lo que hagamos, no podemos modificar los genes que heredarán nuestros hijos. Por mucha natación que practiquemos durante nuestra vida, ellos tendrán que empezar de cero. Las leyes de la herencia biológica no son como las humanas.

2. La selección natural

La alternativa a Lamarck dentro del campo evolucionista vino años después de la mano de Charles Darwin (1809-1882) y Alfred Russell Wallace (1823-1913). Según estos científicos los individuos no representan un papel activo en la evolución. Como los recursos del medio son limitados, sólo unos pocos de los nacidos llegarán a reproducirse. Dado que todos los individuos de una especie son genéticamente diferentes (excepto los gemelos univitelinos, que proceden del mismo óvulo fecundado), en la competencia que se establece unos se verán favorecidos y otros perjudicados por sus genes, y de este modo se produce una selección.

Al final de su vida, cuando en 1876 Charles Darwin escribía una sucinta autobiografía para sus hijos, seguía asombrándose de cómo innumerables organismos de todo tipo estaban tan maravillosamente adaptados a sus hábitos de vida (hoy decimos a su nicho ecológico), y citaba a modo de ejemplos las adaptaciones del pájaro carpintero para subir por los árboles, o las de las semillas dotadas de plumas en forma de paracaídas para dispersarse por el viento o provistas de ganchos para quedar prendidas en el pelaje de los animales. La explicación no estaba en la voluntad de los organismos, sino en la *selección natural* que, en palabras de Darwin, preserva las variaciones favorables y destruye las desfavorables.

Aunque Darwin descubrió pronto que la clave de la evolución estaba en una selección similar a la que desde el Neolítico se lleva a cabo con las razas domésticas de animales y plantas, no comprendió cómo se podía aplicar este principio a los

organismos que viven en el medio natural hasta el día 3 de octubre de 1838. Ese día Darwin leyó un ensayo del economista y demógrafo Thomas Robert Malthus (1776-1834) en el que se afirmaba que, si no se les ponía freno, las poblaciones humanas tendían a aumentar geométricamente, superando el crecimiento de los recursos.

Un cierto ecologismo ñoño que se ha extendido entre la población de las grandes ciudades impide entender la selección natural en sus justos términos. Muchas personas creen que los animales, cuando no son molestados por los humanos, llevan una existencia placentera y sin riesgos en la naturaleza. Si esto fuera así, ¿por qué habrían de adaptarse los seres vivos para ser más eficaces?

En cambio, un sencillo cálculo aritmético nos lleva a comprender que, en su mundo natural, la vida de los animales no está exenta de sobresaltos. Cada pareja reproductora es sustituida por otros dos individuos de la siguiente generación en las poblaciones que son demográficamente estables, es decir, cuyo tamaño no crece, como lo son todas en circunstancias normales a largo plazo, aunque puedan producirse fluctuaciones a corto plazo. Sin embargo, en condiciones favorables, una cebra en las llanuras africanas pare un potro cada año a partir de los cuatro años, y durante quince años o más, y una gacela pare una cría cada seis meses desde los dos años de vida. Es obvio que la mayor parte de los nacidos no llegan a ser adultos y reproducirse, pero la situación no es mejor entre los depredadores, porque las leonas empiezan a reproducirse a los cuatro años (pueden vivir tranquilamente quince en libertad) y suelen tener tres cachorros cada veinte o treinta meses, y los leopardos se reproducen desde los dos años hasta los doce en la naturaleza, pariendo de uno a tres cachorros con intervalos de unos veinticinco meses.

El mismo razonamiento se aplica a los primates, y a lo largo de su evolución a los humanos, aunque la situación ha cambiado recientemente, descendiendo tanto la tasa de mortalidad infantil que cuando no hay control de la natalidad se traduce en explosión demográfica. El porcentaje de huevos fecundados que no llegan a adultos reproductores es casi del 100% en la mayoría de los vertebrados de vida ligada al agua (anfibios, peces), y en casi todos los invertebrados. La consecuencia de estos simples números es que los individuos de las diferentes especies están permanentemente amenazados de muerte, y que, en consecuencia, pequeñas

ventajas en los genes pueden ser decisivas para llegar a ser adulto y reproducirse, o para reproducirse más. A esto es a lo que se refería Charles Darwin cuando hablaba de lucha por la existencia, que no necesariamente está teñida de sangre: las plantas y los herbívoros también compiten entre sí.

A diferencia de la selección artificial que el hombre lentamente efectúa con animales y plantas, potenciando determinadas características para mejorar su productividad, la selección natural no persigue ningún objetivo. Es más, no hay variantes génicas mejores que otras en sentido absoluto, sino que todo depende de las circunstancias del medio ambiente. Lo que es favorable en un momento dado, puede no serlo en otro. Además, por un fenómeno que se conoce como *mutación*, de cuando en cuando nacen individuos con variantes nuevas, pero de ninguna manera los hábitos o necesidades de los individuos determinan en qué dirección se producirán las mutaciones. No obstante, éstas son una fuente inagotable de novedades sobre las que actúa la selección natural, modificando con el tiempo las especies e impulsando su evolución. Las mutaciones no producen por sí solas nuevas especies, sino que aumentan la variabilidad de las existentes.

El azar también representa un papel importante en la evolución; por ejemplo, cuando unos pocos individuos sobreviven aleatoriamente (es decir, sólo por su buena suerte) a una catástrofe ecológica que diezma los efectivos de su especie, o cuando unos pocos individuos son transportados pasivamente por las fuerzas de la naturaleza (el viento, los ríos o las corrientes marinas) para fundar una nueva población. Las características de estos individuos seleccionados por el azar podrían no ser las más frecuentes en la población original y, sin embargo, son el punto de partida de la evolución posterior. A veces una catástrofe de mayores proporciones puede eliminar de un plumazo una o muchas especies perfectamente adaptadas, como veremos más adelante.

En términos generales éste es el planteamiento comúnmente aceptado por el mundo científico desde los años cuarenta del siglo XX, y se conoce como *neodarwinismo*, porque integra en una síntesis moderna las ideas de Darwin con los avances de la genética y otras áreas de la biología, incluyendo el estudio de los fósiles o paleontología.

Dentro del campo del evolucionismo se han alzado voces que contradicen esta visión lenta de la evolución, por pequeños pasos como los que pacientemente va dando el criador en la selección artificial de las razas de animales domésticos. Hay autores como Stephen Jay Gould y Niles Eldredge que opinan que la evolución camina a grandes zancadas, o mejor, a saltos. Dicho de otro modo, las grandes novedades evolutivas, la aparición de los grandes grupos de organismos como las aves o los vertebrados, no se deberían a la lenta acumulación de pequeñísimos cambios, sino a transformaciones radicales.

A decir verdad, los organismos son máquinas con engranajes tan complejos, y al mismo tiempo tan perfectamente ajustados, que es difícil entender cómo es posible que nazcan mutantes radicalmente diferentes de sus progenitores y al mismo tiempo capaces de sobrevivir, a los que Richard Goldschmidt (1878-1958) llamó «monstruos promisorios» (es decir, que encierran en sí una promesa). Se han propuesto mecanismos para entender la viabilidad de estos «monstruos con futuro», tales como cambios en los procesos de desarrollo, que, actuando tanto sobre las vías de desarrollo como en sus ritmos, llevarían a adultos sorprendentemente diferentes de sus padres; por ejemplo, con algunas características exageradas o, al revés, con aspecto infantil en ciertos rasgos.

Por otro lado, tampoco se comprende fácilmente cómo puede la selección natural detectar pequeñísimos cambios y favorecerlos. El factor tiempo se ha invocado a favor del modelo de evolución lenta, considerando que modificaciones infinitesimales proporcionarían a sus portadores pequeñísimas ventajas que sólo llegarían a imponerse a lo largo de muchísimas generaciones. Y el tiempo es un elemento que no falta en paleontología. Después de todo, la vida lleva más de 3.500 millones de años (a partir de este momento, utilizaremos la abreviatura m.a.) de existencia sobre la Tierra. Es en esta tensión entre ambos extremos, evolución gradual o a saltos, por dónde van los debates actuales en el campo de la teoría evolucionista.

3. La escalera del progreso

Cambiemos ahora de escala para pasar de la evolución al nivel de especie o *microevolución* (cuyo marco temporal es de cientos de miles de años) a la evolución

en sus grandes líneas o *macroevolución*, que implica a grupos enteros de organismos con muchas especies y millones de años por delante. Si echamos la vista atrás para contemplar el curso que ha seguido nuestra evolución, ¿no vemos una tendencia hacia formas cada vez más complejas e inteligentes, que culmina en nuestra especie? ¿No somos el resultado previsible de la evolución? Más aún, ¿no es, como suele decirse, nuestra especie la más evolucionada de todas? Y una vez llegados a este punto, ¿habrá terminado la evolución humana o todavía continuará hacia formas aún más inteligentes, aún más perfectas?

Este planteamiento de la evolución como una escalera de progreso que conduce hasta la especie *Homo sapiens* está muy arraigado en la sociedad, y no menos en los medios científicos y académicos, aunque sea sólo subconscientemente. El primero de los autores ha impartido durante años un curso de Paleontología Humana en la universidad, y tal vez ya habrán adivinado los lectores en qué momento de la licenciatura: el último cuatrimestre del último año. También los libros de paleontología que tratan de la evolución sitúan los orígenes de nuestra especie en el último capítulo, después de los organismos unicelulares y, en riguroso orden, los invertebrados, los anfibios, reptiles, aves y el resto de los mamíferos. En estas circunstancias es difícil que alguien se sustraiga a la idea de que con nosotros termina la evolución, quizá para siempre.

Incluso se utilizan todavía términos como vertebrados inferiores y superiores, o primates inferiores y primates superiores (por supuesto que nosotros estamos entre los superiores en ambos casos).

Dudamos de que haya algún programa docente o libro que empiece por las primeras formas de vida en el planeta y termine con los erizos de mar o los insectos (las plantas siempre suelen quedar al margen), mientras que los mamíferos, los primates y los humanos se pierden entre los capítulos o lecciones intermedias. ¿Quiere esto decir que los vertebrados son «mejores» que los invertebrados, los mamíferos «mejores» que los reptiles, los primates «mejores» que los demás mamíferos, y finalmente los humanos «mejores» que los chimpancés y gorilas?

Según Darwin la evolución no tiene ningún propósito, no sigue ningún diseño preconcebido, es simplemente oportunista, no se dirige hacia ningún ideal de perfección. O mejor dicho, todas las especies (incluida la nuestra) son igualmente

perfectas, cada una de ellas maravillosamente adaptada a sus hábitos de vida por obra de la selección natural. En otras palabras, a diferencia de la selección artificial que el agricultor o ganadero realiza con un fin determinado, la selección natural no tiene objetivos. Aunque en el lenguaje habitual (también en el político y comercial), evolución significa cambio a mejor, en términos darwinistas evolución sólo significa, cambio, a secas.

Entre todos los mamíferos, los humanos somos unos primates con un gran cerebro, sin cola y bípedos, pero por lo demás no presentamos muchas originalidades. Aún conservamos cinco dedos en las extremidades, mientras que los caballos se apoyan en la tercera falange de su único dedo.

¿Y qué decir de las transformaciones sufridas por murciélagos o delfines a partir de sus antepasados cuadrúpedos? ¿Estamos nosotros más evolucionados, en el sentido de más cambiados, que ellos? De acuerdo en que un geranio no puede escribir un libro, ésa es una de nuestras especializaciones, pero con la ayuda de la luz puede sintetizar materia orgánica a partir de sales minerales, agua y dióxido de carbono; no cabe duda de que el geranio tiene un laboratorio bien equipado y difícilmente puede ser considerado un ser «inferior».

Pero quien prefiera imaginar la evolución como una flecha que apunta hacia nosotros desde el principio tendrá que responder a la pregunta de qué oscuras fuerzas internas podrían guiarla en la dirección adecuada, independientemente de lo que suceda alrededor. ¿O en realidad se trata de fuerzas que actúan desde más allá del mundo natural? En este último caso nos situaríamos fuera del terreno de la Ciencia, que es el de este libro y el de sus autores. La Ciencia tiene como objeto explicar los fenómenos naturales, como la existencia de nuestra especie (y de las demás), por medio de causas naturales.

Volviendo pues al terreno científico, Lamarck creía en la idea del progreso en la evolución.

Sin embargo, el mecanismo que él mismo proponía para hacer marchar la evolución hacia delante era *adaptativo* (como el de Darwin), y no empujaba en ninguna dirección preferente (incluso podía «desviar» a los organismos por vericuetos «aberrantes»); enfrentado a esta paradoja, Lamarck la resolvía añadiendo a la teoría del uso y desuso la idea de que todas las formas vivientes «tendían» gradual

e inevitablemente hacia niveles cada vez más altos de organización, es decir, más complejos. Lamarck nunca explicó cuál era la causa de esa tendencia hacia la perfección, pero autores posteriores la achacaron a «impulsos vitales», por lo que fueron denominados *vitalistas*, y también *finalistas*, porque creían que la evolución tenía una direccionalidad.

Para los partidarios de que la Historia de la Vida refleja un programa que se despliega en el tiempo, la evolución sería en cierto modo comparable al proceso de desarrollo que conduce desde el embrión hasta el adulto, obedeciendo leyes preestablecidas (naturales, pero que todavía no entendemos bien). Evidentemente, el recurso a fuerzas internas misteriosas, aún por descubrir o indescubribles, siempre estará a disposición de quien quiera dar un significado, un sentido, o un propósito a la Historia de la Vida.

Pero si es cierto que hilos invisibles han dirigido la evolución lineal y ordenadamente hasta nosotros desde la noche de los tiempos, ¿qué hacemos entre tanta diversidad de formas vivientes?

Como se verá, nosotros no descendemos de los chimpancés, sino que tenemos un antepasado en común con ellos. Los chimpancés son nuestros hermanos, no nuestros padres. Tampoco descendemos de ninguna forma de organismos parecida a los erizos de mar. Sin embargo, el grupo de los equinodermos, al que pertenecen los erizos de mar, y el de los cordados, en el que se incluye nuestra especie, comparten un muy remoto antepasado común, que no era ni un erizo ni un humano. Las especies vivientes no se ordenan en una secuencia. No se aprecia una escalera hacia ninguna parte, sino un árbol con numerosísimas ramas, y sin ningún tronco o eje principal. La evolución no es lineal, sino divergente.

Pese a todo, algunos autores, conscientes de que mirando tanto el pasado como el presente no parece que la evolución se haya producido en una única dirección, aún opinarían que la vida ha seguido diversas tendencias, y que la nuestra es la del aumento de la inteligencia. Aunque nunca se explica cómo se producen las tendencias, parecen obedecer a impulsos misteriosos que no tienen nada que ver con la adaptación de los organismos, sino que actúan por sí mismos. Todavía es frecuente encontrar en la definición de los primates la «tendencia hacia la expansión cerebral», como si una tendencia en sí misma sirviera para caracterizar a todo un

grupo con especies fósiles y vivientes, que de este modo vendrían a ser una «unidad de destino evolutivo». Por supuesto, los primates actuales que no muestran semejante expansión cerebral sólo representarían reliquias del pasado o «fósiles vivientes».

Los autores recordamos, y todavía puede encontrarse fácilmente en textos serios, cuando se adjetivaba como formas desviadas a los grupos de primates, o de homínidos, que no estaban en línea evolutiva directa con nuestra especie. Si finalmente resultaban extinguidos, como justo castigo a su rebeldía, entonces eran tachados de formas abortivas, cuando no aberrantes, de ensayos o experimentos fallidos (¿realizados por quién?), callejones sin salida y otros epítetos que dejaban bien a las claras que no era oportuno alejarse de lo que marca el guión de la evolución.

Pero dejemos por ahora el debate entre vitalismo y materialismo, o finalismo y darwinismo. A lo largo de los capítulos de este libro pasaremos revista a lo que hoy en día conocemos de la evolución humana en sus diferentes momentos y circunstancias. El último capítulo nos proporcionará la oportunidad de discutir, con la mirada puesta en los acontecimientos del pasado, la naturaleza de nuestra historia. Pero antes, en el próximo capítulo, empezaremos por conocernos mejor a nosotros mismos, situándonos entre la diversidad de las especies de los primates actuales y fósiles.

Capítulo 2
Nosotros los primates

La percepción directa de los orígenes de cualquier cosa se halla automáticamente suprimida a nuestros ojos por la interposición de una masa suficiente de pasado.

PIERRE TEILHARD DE CHARDIN, *El grupo zoológico humano*.

Contenido:

1. Definición ecológica y diversidad de los primates

Cuando se observa con objetividad la naturaleza se aprecia que, pese a su enorme diversidad, no existe una cantidad infinita de formas, sino que todas las especies vivientes pueden agruparse en un número limitado de tipos biológicos. Un león no es sino un gato grande, o al revés, un gato es un león pequeño. Parece como si una vez que la evolución ha producido un modelo nuevo de organismo que tiene éxito, que está muy «experimentado» dirían los fabricantes de automóviles, se lanzara a «fabricar» diferentes variantes dentro de la misma «gama», a veces modificando apenas sólo la talla. Un gato representa el tamaño de león adecuado para el «segmento» de cazadores de presas pequeñas, y como tal aspira a su correspondiente «cuota de mercado», en competencia con otros pequeños depredadores.

Las especies pueden así agruparse en categorías progresivamente más amplias, como félidos (para todas las especies del tipo de los gatos), mamíferos, vertebrados, etcétera. Un grupo de especies tiene un antepasado común tanto más

alejado en el tiempo cuanto más amplia sea la categoría en cuestión que los agrupa (félidos, mamíferos, vertebrados, y así sucesivamente).

Nosotros pertenecemos al grupo de los primates. O sea, el de los monos. Por eso no es correcto decir que descendemos de los monos, como si ya no lo fuéramos. Seguimos siendo tan primates como cualquier otra de las aproximadamente ciento ochenta especies vivientes del grupo. Sin embargo, no hemos evolucionado a partir de ninguna especie actual de mono sino de especies ya desaparecidas, muchas de las cuales son también antepasadas de otras formas modernas de primates. Una vez situada nuestra especie en la naturaleza, y dado que no somos ninguna anomalía, conviene saber en qué consiste eso de ser primate, ya que no podemos evitar serlo.

Los primates forman un conjunto muy homogéneo de especies en cuanto a sus requerimientos ecológicos. Se puede generalizar diciendo que son unos mamíferos que viven en bosques tropicales húmedos (*pluvisilvas*) o subtropicales de tipo monzónico, con lluvias estacionales y épocas secas en las que algunos árboles pierden las hojas. En ese medio forestal cálido es donde se ha desarrollado nuestra evolución, y por tanto todos los primates presentamos numerosas adaptaciones a la vida en los árboles.

Por supuesto que hay excepciones a esta definición ecológica de los primates. Nosotros los humanos somos una de ellas aunque, como veremos, sólo desde hace unos pocos millones de años.

Los papiones desarrollan su existencia en las sabanas más o menas abiertas de África, donde han sido nuestros compañeros de evolución y probablemente competidores ecológicos; de todos modos, siempre acuden a la protección de los roquedos o de los árboles para pasar la noche. Una especie próxima a ellos, el gelada (*Tberopithecus gelada*), vive en los altiplanos etíopes, lejos de los árboles. Los macacos forman un conjunto de especies casi exclusivamente asiáticas, algunas de las cuales viven en bosques fríos en Japón o en las faldas del Himalaya, además de en otra gran cantidad de ambientes. La única especie de macaco africana, la mona de Berbería (*Macaca sylvanus*), vive ahora en las montañas del Atlas en Argelia y Marruecos, al norte del Sahara.

Aunque la población de Gibraltar ha sido introducida por el hombre, este macaco se desenvolvía bien en los ecosistemas europeos, llegando a poblar latitudes tan altas como las inglesas o alemanas antes de extinguirse en este continente. Otra especie bien adaptada a los ambientes abiertos es el mono patas (*Erythrocebus patas*), que vive en la sabana y sólo busca refugio en los árboles para dormir o en situaciones de peligro. Este mono llega a desarrollar una velocidad en carrera próxima a los 55 km/h, el *récord* entre los primates.

En la actualidad, aparte de nosotros sólo hay primates en estado natural en México, América Central y del Sur, África y Asia. Faltan por completo en Europa y Oceanía.

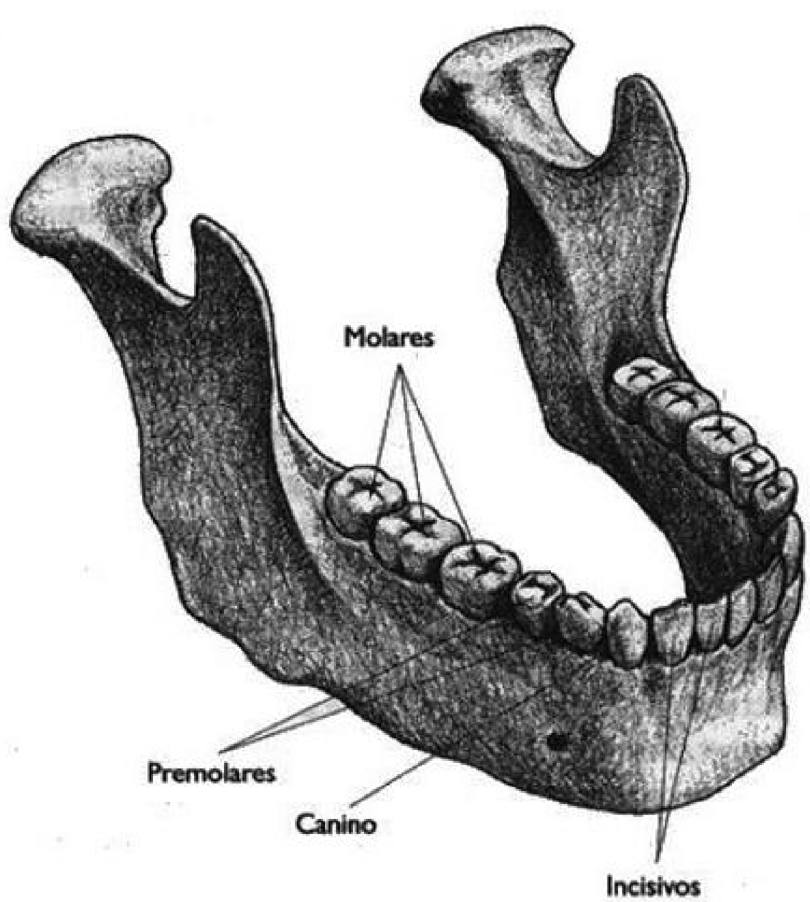


FIGURA 2.1. Mandíbula humana en la que se muestran los cuatro tipos de dientes.

Los primates son bastante variados en cuanto a tipos de dieta, con especies completamente vegetarianas mientras otras son omnívoras e incorporan a su dieta pequeños vertebrados e invertebrados como los insectos, en los que algunos

primates se han especializado. Incluso los papiones y chimpancés a veces cazan y consumen otros mamíferos, pese a ser su dieta vegetariana por lo demás.

Como resultado de una larga historia evolutiva arborícola, los primates actuales comparten una serie de especializaciones únicas para agarrarse a los árboles, trepar por ellos y saltar de una rama a otra. Una de estas adaptaciones es un primer dedo de los pies (o dedo gordo) grande y muy móvil, que se puede oponer a los demás (salvo en nuestro caso). También los primates poseen uñas planas en todos los dedos de manos y pies, en lugar de tener garras como sus antepasados.

Algunos primates presentan garras, en ciertos casos en todos los dedos menos en el primero del pie, pero parece que en origen eran uñas planas que han vuelto a convertirse en garras secundariamente.

Los dientes de los mamíferos son muy importantes en paleontología por dos razones: una es que la dentición refleja el tipo de dieta de su propietario, y la otra es que son los fósiles más frecuentes, y en muchos casos casi los únicos disponibles para ciertos grupos. Una primera aproximación al estudio de la dentición consiste en contar el número de dientes que tiene un individuo. Todos los primates vivientes derivan de un antepasado que tenía treinta y seis dientes.

Por otro lado, los dientes de los mamíferos no son todos iguales, sino que están especializados en diferentes funciones. Se distinguen así cuatro grupos de dientes, que van de delante hacia atrás: incisivos, caninos, premolares y molares (figura 2.1). El primate antecesor de todos los actuales tenía a cada lado de la boca, y tanto arriba como abajo, dos incisivos, un canino, tres premolares y tres molares. Algunos primates han modificado a lo largo de su evolución esta fórmula dentaria perdiendo elementos, nunca aumentando el número de dientes de ninguno de los cuatro grupos.

2. Clasificación de los primates

Se puede pensar que los científicos estudian características muy sutiles y rebuscadas, usando microscopios u otros avanzados instrumentos, para establecer sus clasificaciones de los organismos. Sin embargo, la principal división de los primates en dos grandes grupos llamados estrepsirrinos (Strepsirhini) y haplorrinos (Haplorhini) se basa en algo tan simple como la forma de la nariz y del labio

superior (figura 2.2). Como en los demás mamíferos, en los estrepsirrinos los orificios nasales externos o *narinas* están rodeados por un área de piel desnuda y húmeda que se denomina *rinario*, continuada por debajo en un labio dividido en dos en su línea media, por donde se fija a las encías por una membrana. Para entender mejor esta morfología el lector puede mirar al perro o gato más próximo. Tal disposición del hocico limita enormemente la expresión de las emociones por medio de la mímica facial. En los haplorrinos, entre los que se encuentran los autores y el lector, no existe esa piel desnuda alrededor de las narinas, y el labio superior es continuo y móvil. La fusión del labio superior facilita una mayor expresividad facial, que es una bien conocida característica de los primates haplorrinos.

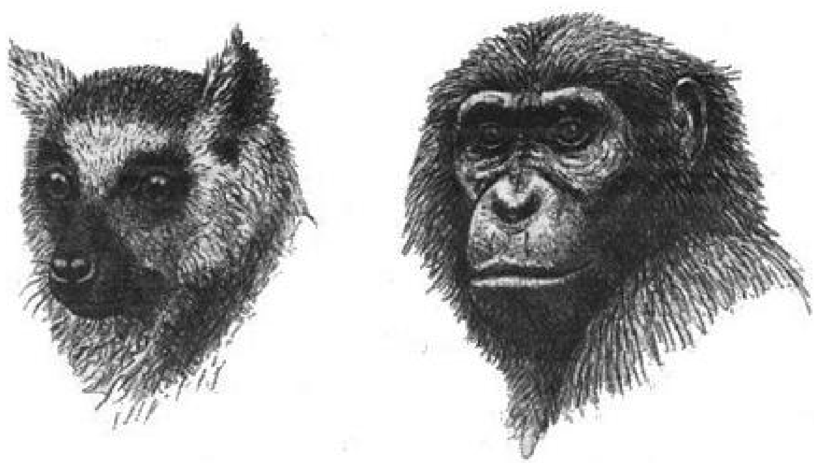


FIGURA 2.2. Estrepsirrinos y haplorrinos. A la izquierda un lémur de cola anillada (Lemur cana), como representante de los estrepsirrinos, y a la derecha un chimpancé pigmeo o bonobo (Pan paniscus), representando a los haplorrinos. Los estrepsirrinos tienen una piel desnuda y húmeda alrededor de las aberturas nasales y un labio superior partido y fijado a las encías por la línea media. Los haplorrinos tienen alrededor de los orificios nasales el mismo tipo de piel que en el resto de la cara, el labio superior está fusionado y es móvil.

En el grupo de los estrepsirrinos se encuadran los lémures, los indris y el aye-aye (o lémures en sentido amplio), que evolucionaron y se diversificaron en condiciones de aislamiento en la isla de Madagascar (frente a la costa oriental de África). Algunas especies son nocturnas y otras diurnas. Desgraciadamente, la llegada reciente de

los humanos supuso la degradación de su paraíso forestal y la desaparición de numerosas especies.

También se cuentan dentro de los estrepsirrinos los loris asiáticos, y los gálagos y potos africanos (grupo de los loris en sentido amplio), todos nocturnos.

Los haplorrinos se dividen en tres grupos. Uno de ellos es el de los tarseros (Tarsiiformes), unos pequeños primates nocturnos de Filipinas, Borneo, Sumatra y otras islas del Sudeste asiático, con ojos enormes, cola larguísima y extremidades posteriores muy alargadas como adaptación al salto. Los otros dos grupos de haplorrinos son los catarrinos (Catarrhini), entre los que se encuentra nuestra especie, y los monos americanos, llamados platirrinos (Platyrrhini).

Catarrinos y platirrinos suelen agruparse bajo una denominación común que se usa más o menos informalmente, la de simios o antropoideos (técnicamente Anthropoidea). Aquí usaremos en lo sucesivo el primero de los dos términos (simios). Ambos grupos son diurnos, con la sola excepción del mono de noche sudamericano, *Aotus trivirgatus*, que parece haberse vuelto nocturno a partir de antepasados diurnos.

Los simios también presentan una posición completamente frontal de los ojos, que permite un amplio campo de visión estereoscópica o visión en tres dimensiones, para lo que es preciso que se solapen los campos visuales de los dos ojos. Este tipo de visión permite cálculos muy precisos de distancias a objetos, bien sean éstos ramas o presas. Los simios tienen un cerebro grande, aunque parece que platirrinos y catarrinos lo han desarrollado (evolutivamente) por separado. Los lóbulos olfativos de estos cerebros están muy reducidos. Los simios nos representamos el mundo básicamente en imágenes, y no en olores.

Los platirrinos tienen el mismo número de dientes que los primeros primates, excepto en el caso de los titíes y tamarinos (Callitrichinae), un grupo que ha perdido el último molar. En cambio, los catarrinos hemos perdido un premolar (figura 2.1), aunque a muchos de nuestros lectores no les saldrá nunca la última muela, la del juicio. Esta ausencia del tercer molar en la dentadura del adulto es una expresión de la reducción del aparato dental y masticador que ha experimentado el *Homo sapiens*, nuestra especie.

3. Los hominoideos, monos de nuestra misma rama

Dentro de los catarrinos, nuestra especie se clasifica entre los hominoideos, mientras los llamados monos del Viejo Mundo forman el subgrupo de los cercopitecoideos, que incluye a los macacos, papiones, mandriles, guenones, colobos, langures, etcétera. Además de nosotros se incluyen también entre los hominoideos una serie de primates llamados en inglés *apes*, en castellano «simios antropomorfos» o «monos antropomorfos», y a veces también antropomorfos a secas o antropoides. Para evitar confusiones, en este libro los llamaremos antropomorfos. Son, ordenados según el grado de parentesco con los humanos, las dos especies de chimpancés (nuestros parientes más próximos), el gorila, el orangután y las diversas especies de gibones, que son los antropomorfos más alejados de nosotros en cuanto a su evolución (figura 2.3). El número de especies de gibones varía entre nueve y cinco según los autores, ya que algunos reconocen como especies distintas lo que otros consideran sólo variantes geográficas de la misma especie. Si hay problemas de clasificación con las especies vivientes, juzgue el lector los que se encuentra el paleontólogo cuando trabaja con los fósiles.

Las dos especies de chimpancés son el chimpancé común y el chimpancé pigmeo o bonobo (figura 2.2), que en realidad no es menor que el común; ambas juntas forman un grupo natural o *clado*, porque descienden de un antepasado común. Hay que añadir, y éste es un matiz importante, que ese antepasado común es exclusivo, es decir, que no es al mismo tiempo antepasado de ninguna otra especie viviente. Los chimpancés, el gorila y nosotros formamos todos juntos otro clado; también compartimos en exclusiva un antepasado. Dado que los chimpancés y gorilas viven en África y, como se verá en este libro, nosotros venimos también de África, parece razonable pensar que el antepasado común, aún desconocido, vivió en África.

Se ha discutido mucho si los chimpancés están más próximos a los humanos o a los gorilas, aunque los estudios genéticos parecen inclinarse por la primera posibilidad. En realidad, lo que ha ocurrido es que la línea evolutiva del gorila se separó muy poco antes de que lo hicieran la de los chimpancés y la humana, con lo que en la práctica es como si las tres líneas se hubiesen separado al mismo tiempo. La línea de los chimpancés se escindió luego para dar lugar al chimpancé común y al chimpancé pigmeo o bonobo.

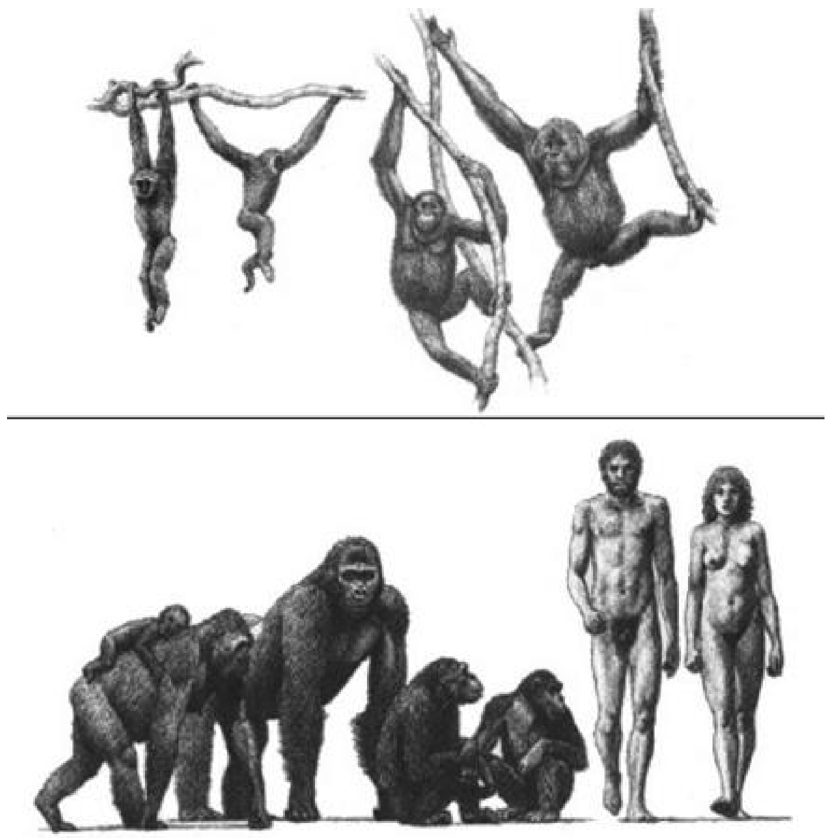


FIGURA 2.3. Tipos de hominoideos. Se representan ambos sexos. Arriba a la izquierda, un par de gibones (Hylobates lar). A su derecha, orangutanes (Pongo pygmaeus). Abajo, gorilas (Gorilla gorilla), chimpancés comunes (Pan troglodytes), y humanos.

Como se ve, el sistema de clasificación de las especies que creó Karl von Linné (en castellano, Linneo; 1707-1778), tiene una estructura jerárquica. Por eso nosotros somos primero humanos, luego hominoideos, después catarrinos, luego simios, más tarde haplorrinos y por fin primates, que a su vez son mamíferos, vertebrados... así hasta llegar a la categoría más amplia de todas, la del Reino Animal.

Los hominoideos como grupo compartimos un conjunto de rasgos heredados del antecesor común. Muchos de ellos están relacionados con un peculiar modo de locomoción en los árboles, que *sir* Arthur Keith (1866-1955) bautizó como *braquiación*. Esta forma de locomoción consiste en desplazarse colgando de las ramas con los brazos extendidos, oscilando el cuerpo de un brazo a otro al tiempo

que se gira en el aire (figura 2.3). No obstante, dentro del modelo braquiador han existido numerosas variantes además de las que presentan las especies vivientes; éstas sólo son una muy pequeña parte de la diversidad del grupo en el pasado, como veremos más adelante.

Quizá sería más exacto decir que los hominoideos presentan adaptaciones para colgarse de las ramas con el tronco derecho, en lugar de caminar sobre ellas a cuatro patas o saltar de una a otra como hacen en general los demás primates arborícolas.



FIGURA 2.4. Esqueletos de primates. Arriba colobo (Colobus guereza), abajo a la izquierda chimpancé común, y abajo a la derecha humano.

En los hominoideos el tórax está aplanado en sentido dorsiventral (del pecho a la espalda) en lugar de estar comprimido lateralmente como en el resto de los primates y en general en los mamíferos cuadrúpedos (figura 2.4). Como

consecuencia, nuestros omóplatos (o escápulas) se sitúan en posición dorsal, en la espalda, en lugar de ser laterales y situarse a los lados del cuerpo.

Su forma cambia, alargándose su borde vertebral, el que corre junto a la columna. También cambia la forma del húmero, cuya cabeza (para la articulación con el omóplato) se hace más globosa, mientras que la diáfisis o caña se retuerce para que la cabeza mire hacia dentro en lugar de hacia atrás. La expansión o ensanchamiento lateral del tórax también hace que la clavícula sea más larga.

Todas estas modificaciones permiten una gran capacidad de movimientos del brazo por encima del nivel de los hombros, que unida a la de extender completamente los brazos y la movilidad de la muñeca hacen posible la braquiación. Puesto que nosotros compartimos con los demás hominoideos estas características, hay que admitir que nuestros antepasados eran braquiadores.

También como consecuencia de la braquiación los brazos están más desarrollados que las piernas. La proporción entre la longitud de los brazos y la de las piernas varía en los antropomorfos entre el 147% en el siamang (una especie de gibón) y el 102% en el bonobo. Por otro lado, las manos se alargan mientras se reduce el primer dedo (el pulgar), para formar un auténtico gancho del que suspenderse. Esta modificación de la mano hace difícil a los antropomorfos juntar las puntas de los dedos índice y pulgar.

Por supuesto, la adaptación posterior de nuestros antepasados a la marcha bípeda hizo cambiar algunas de las características que presentan los antropomorfos, como se verá en el capítulo dedicado a la locomoción humana (figura 2.4). En particular la pelvis y las piernas se han modificado drásticamente, de modo que la proporción entre los miembros es sólo del 72%, y el dedo gordo del pie ya no es oponible y está alineado con el resto de los dedos. Por otro lado, en las manos se ha alargado el dedo pulgar y se ha acortado el resto de la mano, recuperándose así la habilidad para manipular objetos pequeños que los demás hominoideos han perdido en parte.

Los hominoideos tenemos, además, el tronco acortado en la región lumbar, con reducción del número de vértebras (sobre todo en gorilas y chimpancés), lo que no nos permite arquearlo tanto como a los demás primates. Y todo el mundo sabe que no tenemos cola, aunque en esto no somos los únicos primates. Es característico de

los hominoideos el mantener una posición erguida o vertical del tronco, tanto al trepar como al desplazarse colgando de las ramas o en actitud de descanso.

Los gibones son a veces bípedos y se desplazan sobre las ramas, en vez de hacerlo colgados de ellas como es lo habitual; en estas ocasiones utilizan sus largos brazos como balancines para equilibrarse. Estos animales casi nunca bajan al suelo, desarrollándose la mayor parte de su vida en el estrato más alto del bosque. Los orangutanes son prácticamente cuadrumanos, recurriendo también a los pies, que son muy parecidos a las manos, para asirse a las ramas o colgarse de ellas, desplazándose por los árboles con parsimonia (figura 2.3).

Cuando bajan al suelo, los orangutanes, chimpancés y gorilas se mueven sobre sus cuatro extremidades, pero el tronco no se dispone en horizontal como en los primates con predominio cuadrúpedo, sino que se inclina desde los hombros hasta las caderas. Al desplazarse sobre el suelo, cosa que hacen muy ocasionalmente, los orangutanes se apoyan sobre la mano cerrada en puño.

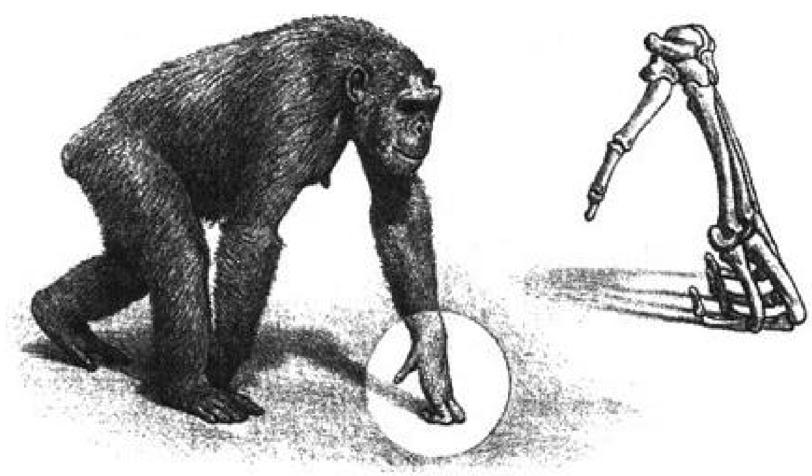


FIGURA 2.5. Locomoción cuadrúpeda del chimpancé. Detalle de la disposición de los huesos de la mano.

En realidad, los gorilas adultos son tan pesados que a duras penas pueden considerarse braquiadores (figura 2.3). El tipo de locomoción sobre el suelo de gorilas y chimpancés es muy especial (figura 2.5), porque apoyan las plantas de los pies y la cara dorsal (no los nudillos, como suele decirse) de las falanges

intermedias de los dedos segundo al quinto de las manos (índice a meñique). Los primates cuadrúpedos apoyan las plantas de los pies y las palmas de las manos.

Este peculiar modo de desplazarse sobre las falanges intermedias de chimpancés y gorilas también ha impuesto sus modificaciones en los huesos de los brazos para darles más estabilidad cuando el peso del cuerpo se apoya sobre cada uno de ellos.

4. Historia de los primates

El primer fósil que podría ser de un primate (con dudas) es un molar de finales del Cretácico, último período del Mesozoico o Era Secundaria, es decir, cuando todavía vivían los dinosaurios.

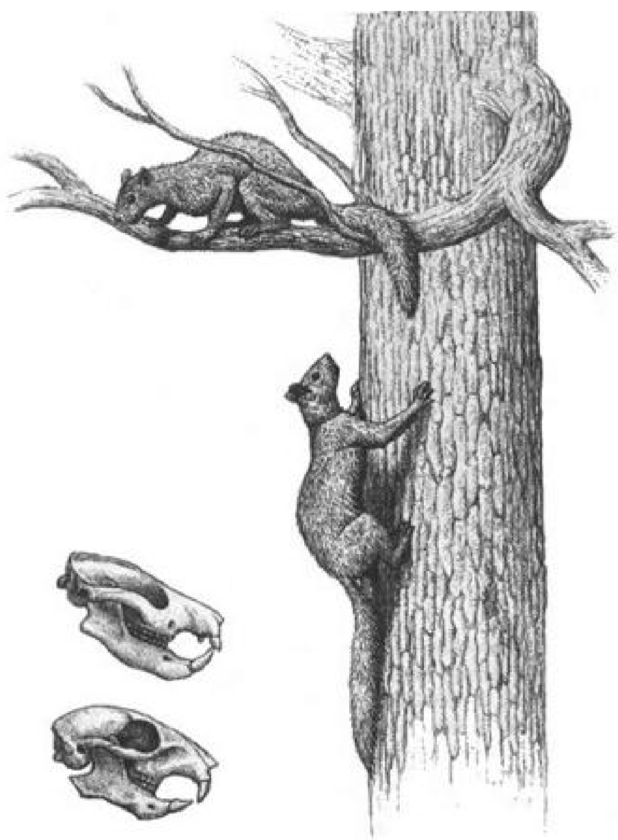


FIGURA 2.6. Plesiadapis. Plesiadapiforme europeo del Paleoceno. Se comparan los cráneos de un Plesiadapis (arriba) y una ardilla roja (abajo) para mostrar sus semejanzas, debidas a un tipo de vida similar, y no a parentesco evolutivo.

Tiene unos 65 m.a. y procede de Montana en Estados Unidos de América. Fue bautizado como *Purgatorius ceratops* por ser contemporáneo del famoso dinosaurio de tres cuernos o *Triceratops*.

El *Purgatorius* se asigna al grupo de los plesiadapiformes, que pasa a la siguiente era, el Cenozoico, formada por el período Terciario más el período Cuaternario o Pleistoceno. Los plesiadapiformes (figura 2.6) son los únicos primates fósiles de la primera época del Terciario, el Paleoceno (hace entre 65 y 55 m.a.), en el cual se diversificaron en numerosas líneas. Los últimos se extinguieron en la siguiente época o Eoceno (hace entre 55 y 36 m.a.). El hecho de que se hayan encontrado plesiadapiformes en Norteamérica y Europa indica que los dos continentes estuvieron unidos antes de que la formación del océano Atlántico los separase completamente. También ha habido a lo largo del Cenozoico conexiones ocasionales entre Asia y Norteamérica por la zona del estrecho de Bering. Sin embargo, África ha estado aislada como una gran isla la mayor parte del Cenozoico, aunque haya habido a veces comunicaciones terrestres entre Eurasia y África, que han permitido intercambios de faunas.

Ha habido y sigue habiendo polémica acerca de si los plesiadapiformes deben considerarse o no auténticos primates (por ejemplo, no parece que presentaran uñas planas ni primer dedo del pie oponible). A pesar de ello, los plesiadapiformes son el grupo que está evolutivamente más próximo al conjunto de los primates vivientes, quienes a su vez forman un grupo natural con un antepasado común exclusivo. Algunos autores proponen que los primates se dividan en dos grandes categorías, los plesiadapiformes o primates arcaicos y los demás primates o euprimates (figura 2.7).

Los euprimates aparecen en el registro fósil en el Eoceno (época comprendida entre hace 55 y 36 m.a.), estando bien representados en Eurasia y Norteamérica por dos grandes grupos, los adapiformes y los omomíidos (Omomyidae), aunque probablemente unos y otros también vivieron en África. Los adapiformes tienen un cierto parecido general con los lémures y loris, pero no se puede afirmar con rotundidad que sean sus ancestros directos (figura 2.8). Por otro lado, muchos autores consideran a los omomíidos como haplorrinos, pero esta clasificación tampoco es segura.

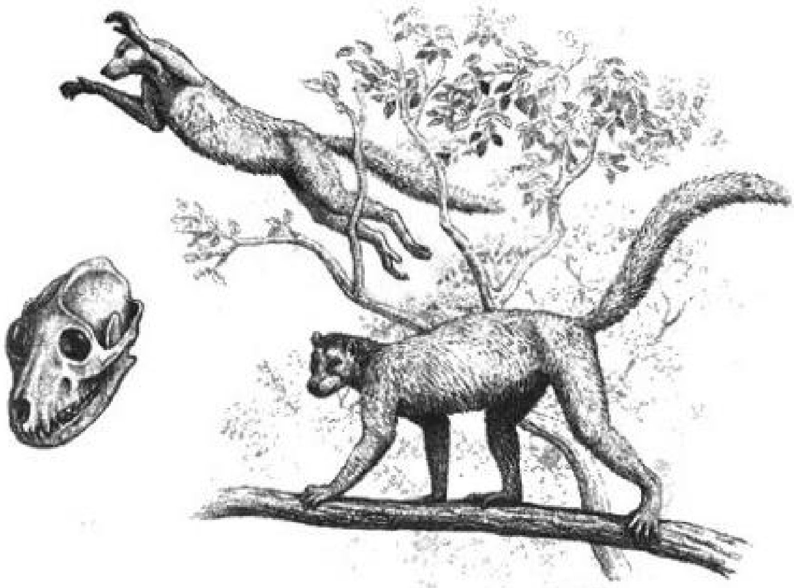


FIGURA 2.7. Notarctus. Adapiforme del Eoceno de Norteamérica, con extremidades posteriores más largas que las anteriores, y una capacidad para el salto semejante a la de los actuales lémures de Madagascar.

Finalmente, se han identificado como simios, aunque no todos los autores lo admiten, algunos fósiles de mediados del Eoceno procedentes de China y de Argelia (con unos 45 m.a. de antigüedad).

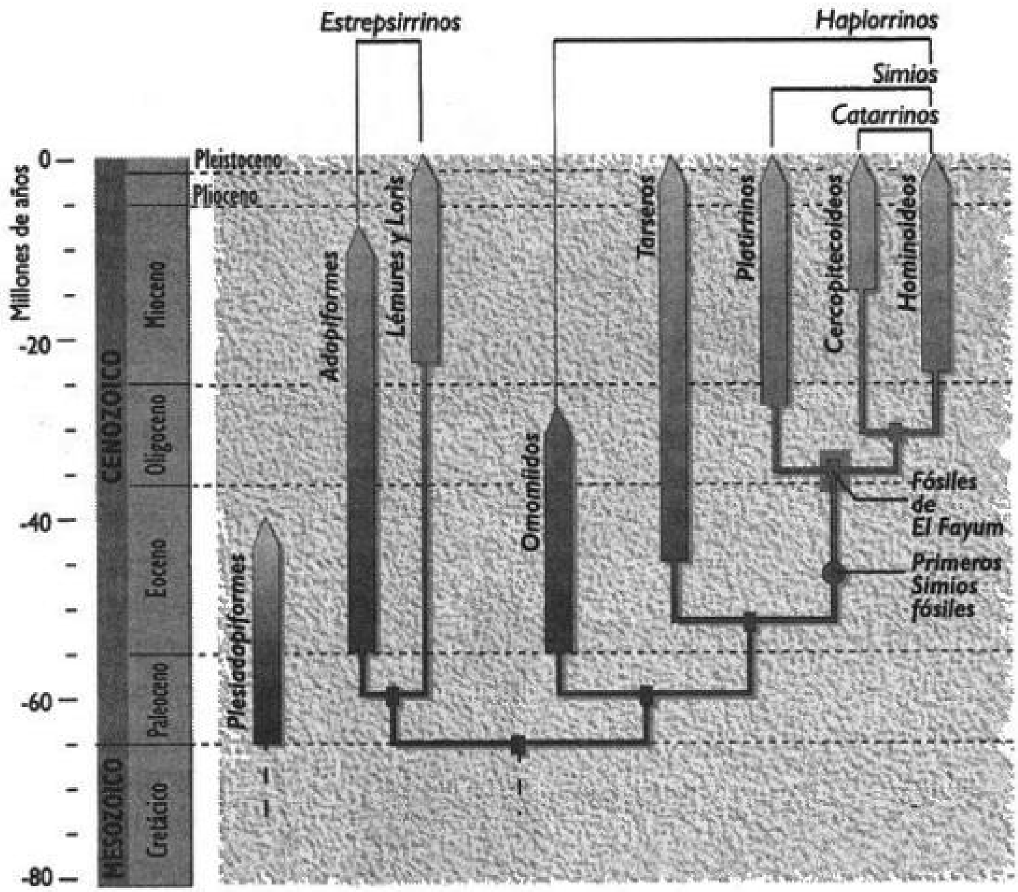


FIGURA 2.8. Esquema de las relaciones evolutivas de los primates.

El tránsito del Eoceno a la siguiente época, el Oligoceno, está bien representado en el yacimiento de El Fayum, en Egipto (figura 2.9). Aquí se han encontrado numerosos fósiles de simios, de entre 30 a 37 m.a. de antigüedad. Recordemos que los simios son el grupo que forman los platirrinos o monos del Nuevo Mundo junto con los catarrinos, que a su vez se dividen en monos del Viejo Mundo y hominoideos; estos últimos son los antropomorfos más nosotros los humanos.

Es un gran problema aún no resuelto cómo llegaron los primeros platirrinos a América del Sur. Este subcontinente era entonces una isla, separada tanto de América del Norte por un mar Caribe sin istmo de Panamá, como de África por el océano Atlántico. Dado que en Norteamérica no se han encontrado fósiles de simios no parece que pudieran proceder de allí.

En su expansión, el océano Atlántico no había alcanzado todavía las proporciones actuales, de forma que una navegación accidental desde África por al menos una

pareja de primates en una balsa formada por árboles trabados de forma natural, podría haber sido viable de haber contado con el concurso de corrientes y vientos favorables (por ese mismo medio debieron llegar a Madagascar los antepasados de los primates del tipo de los lémures, los indris y el aye-aye, que pueblan ahora la isla; Madagascar está separada del continente africano desde hace más de 100 m.a.).



FIGURA 2.9. Simios fósiles del Oligoceno de El Fayum. En primero término, Aegyptopithecus y su cráneo. Al fondo Apidium.

En cualquier caso, el platirrino más antiguo conocido hasta la fecha es el *Branisella boliviana*, con cerca de 27 m.a. de antigüedad, y sigue siendo un misterio cómo llegó allí. Otro grupo de mamíferos alcanzó Sudamérica en circunstancias similares e igualmente desconocidas: se trata de los roedores caviomorfos, el grupo de las cobayas, capibaras, chinchillas, vizcachas, etcétera.

Durante el Mioceno, la época que sigue al Oligoceno, y que se extiende entre hace 24 y 5 m.a., en el continente africano surgieron los primeros hominoideos, el grupo al que pertenecemos junto con los antropomorfos. Los fósiles más antiguos, procedentes del este de África se asignan al género *Proconsul* (figura 2.10), un tipo

de hominoideo anterior a la separación de la línea que conduce a los gibones. El nombre de *Proconsul* (antes de cónsul) fue creado en 1933 en honor de un famoso chimpancé del zoo de Londres llamado Cónsul, en la falsa idea de que la especie fósil era antepasada directa de los actuales chimpancés.

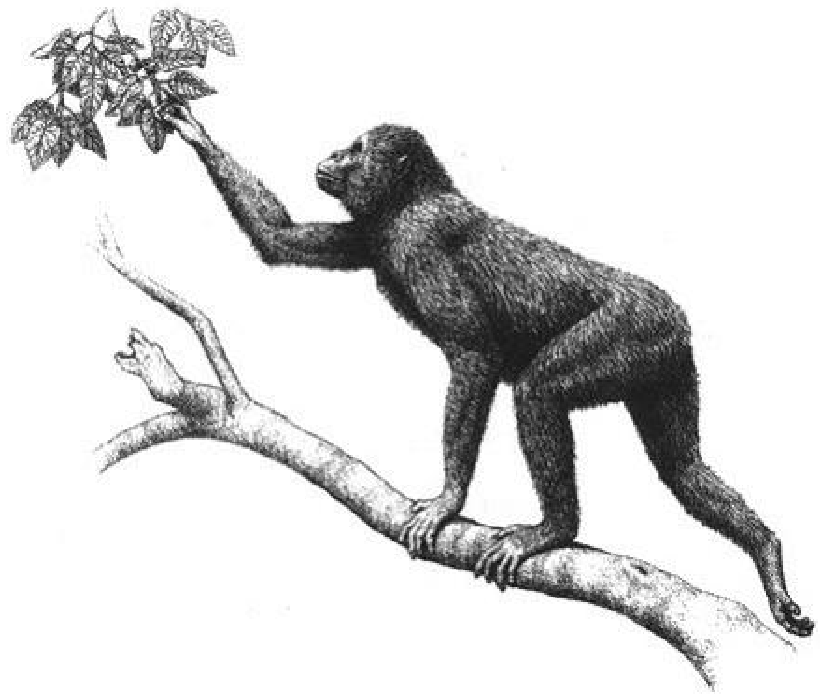


FIGURA 2.10. *Proconsul. El primer hominoideo fósil. Vivió en África oriental en el Mioceno Inferior.*

Posteriores al *Proconsul* son el *Morotopitbecus*, el *Afropitlbecus* y el *Kenyapitbecus*. Se han encontrado fósiles de estos cuatro géneros datados entre hace 23 y 14 m.a. No parece que el *Proconsul* presentara las adaptaciones locomotrices características de los modernos hominoideos.

Sin embargo, por ciertos detalles de su anatomía lumbar y de la articulación del omóplato con el húmero, el *Morotopitbecus*, con 20,6 m.a. de antigüedad, podría representar la más antigua evidencia fósil de un plan corporal comparable al de los antropomorfos vivientes.

Hace unos 17 m.a., África (entonces unida a la Península Arábiga), que había permanecido muy aislada desde el Eoceno, se aproximó a Eurasia (a la que a su vez

se unió el subcontinente indio), permitiendo que los hominoideos se expandieran por todo el Viejo Mundo y se diversificaran ampliamente en numerosos géneros, cada uno de ellos con varias especies, como el *Dryopithecus*, el *Sivapithecus*, el *Lufengpithecus*, el *Ouranopithecus*, el *Ankarapithecus* y el *Gigantopithecus*; sus fósiles se han encontrado en Europa, China, Turquía, India y Pakistán, y se datan entre hace 13 y 7 m.a. Parece haber acuerdo general en el parentesco del *Sivapithecus* con los orangutanes, pero la posición evolutiva de los demás hominoideos eurasiáticos suscita mucha controversia. Louis de Bonis y George Koufos sostienen que el *Ouranopithecus*, encontrado en Grecia (y también denominado *Graecopithecus*) está relacionado con el grupo que formamos nosotros con los chimpancés y gorilas.

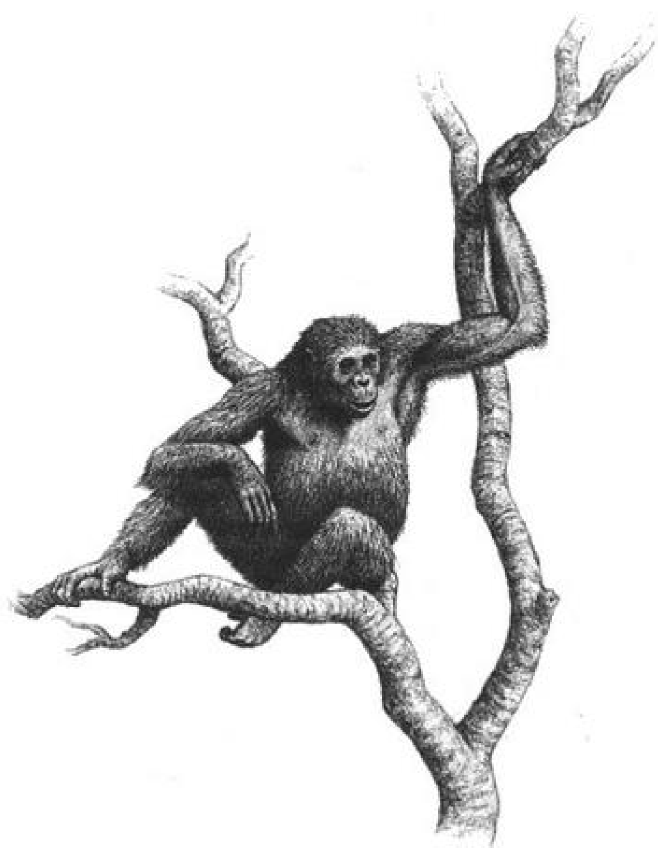


FIGURA 2.11. Dryopithecus. Hominoideo fósil que vivió en Europa en el Mioceno.

En el yacimiento catalán de Can Llobateres, Salvador Moyà-Solà y Meike Köhler han descubierto recientemente una parte considerable de un esqueleto de *Dryopithecus*

laietanus, con largos brazos y cortas piernas, que nos permite conocer la forma de moverse de estos hominoideos de hace 9,5 m.a. (figura 2.11). No parece muy diferente a la de los actuales orangutanes, colgándose de las ramas de los árboles y desplazándose con lentitud por ellas. Un enigmático y famoso primate de largos brazos llamado *Oreopithecus*, que habitaba en la misma época en los bosques pantanosos de la parte central de Italia y Cerdeña (que componían entonces una gran isla), podría estar evolutivamente cerca del *Dryopithecus*. Sin embargo, debido a las características muy particulares de su dentición no todos los autores admiten siquiera que el *Oreopithecus* sea un hominoideo.

El rastro fósil de los hominoideos eurasiáticos se pierde hace unos 7 m.a., hasta la aparición de formas ya muy próximas a las especies actuales del orangután y los gibones, con la notable excepción del *Gigantopithecus*. Una especie de este género (*Gigantopithecus blacki*) sobrevivió en China y Vietnam hasta hace sólo unos pocos cientos de miles de años, y desde luego convivió con seres humanos. De esta especie se dispone de tres mandíbulas y más de mil dientes sueltos.

Los primeros fósiles conocidos del *Gigantopithecus blacki* fueron cuatro molares comprados entre 1935 y 1939 por el paleontólogo Ralph von Koenigswald (1902–1982) en farmacias de Hong Kong y Cantón (en la medicina tradicional china, a los fósiles se les atribuyen propiedades curativas). Las mandíbulas del *Gigantopithecus* son mayores que las de los gorilas, sobre todo una de ellas, supuestamente de un macho. Se trata sin duda de los mayores primates de la historia.

Los dientes anteriores (incisivos y caninos) eran pequeños en términos relativos, siendo premolares y molares anchos y grandes, y con una gruesa capa de esmalte. Además las mandíbulas son muy robustas. En estas características se parecen a los parántropos, unos homínidos con un fuerte aparato masticador que comentaremos en su momento; a causa de esta semejanza se ha llegado a pensar que los gigantopitecos pertenecían a nuestro grupo evolutivo, pero en realidad se trata de un caso de convergencia adaptativa o, en otras palabras, una analogía debida a una masticación más o menos similar en dos líneas independientes. Las afinidades evolutivas de los gigantopitecos hay que buscarlas más bien entre los *Sivapithecus* y otras especies de la línea del orangután.

Por su tamaño sólo cabe pensar que estos enormes antropomorfos fueran terrestres; dadas sus dimensiones tendrían que alimentarse de un recurso vegetal que fuera muy abundante. La robustez de las mandíbulas y el tipo de dentición indican que comían un tipo de vegetal duro y fibroso que exigía una masticación intensa. Algunos autores piensan que este vegetal era el bambú, como en el caso del oso panda actual.

Capítulo 3
Clima y evolución

Tienes a tu disposición los prados: brotaron las verdes hierbas y recogióse ya el heno de los montes.
Libro de los Proverbios, XVII-25.

Contenido:

1. El origen de las especies

Dos problemas fundamentales de la biología evolutiva son el origen y la desaparición de las especies. Por medio de la selección de animales y plantas el hombre ha llegado a producir muchos tipos de razas o variedades pero, hasta la fecha, ninguna especie nueva: todas las razas tienen la capacidad de cruzarse entre sí, dando lugar a descendientes fértiles que pueden reproducirse de nuevo. Esto no sucede con las diferentes especies animales; aunque se consiga cruzar artificialmente dos especies distintas, como el caballo y el asno, su descendencia, la mula, es estéril. Claro que es posible que se trate de una cuestión de tiempo, ya que sólo llevamos diez mil años domesticando a gran escala animales y plantas.

Durante su famoso viaje de cinco años y dos días alrededor del mundo en el bergantín *Beagle*, Darwin comenzó a vislumbrar un mecanismo fundamental para la producción de nuevas especies.

Si algunos ejemplares quedasen aislados en una región periférica podrían adaptarse a las condiciones allí reinantes y convertirse en nuevas especies. Así se explicaría la diversidad de los pinzones que había encontrado en el archipiélago de las Galápagos (Ecuador). Cada isla poseía una especie distinta de estos pájaros, varias incluso, con diferentes especializaciones (o como se dice en ecología, ocupando diferentes nichos); y todas procedían de una misma y única especie venida del continente americano.

No siempre es necesario para la formación de nuevas especies que una semilla o una pareja de alguna especie animal lleguen a un lugar remoto por transporte pasivo a favor de las corrientes de aire o de agua, como en el caso de los pinzones de las Galápagos o de los monos platirrinos en Sudamérica. También el área de distribución de una especie puede quedar dividida por el levantamiento de una barrera geográfica, dando lugar a nuevas especies a ambos lados de la misma. Por fin, hay ocasiones en las que, sin necesidad de que las especies se muevan de donde están o queden aisladas por cambios geográficos, se ven sometidas a un cambio de paisaje. Éste es el caso de los hominoideos y la pérdida de su medio ambiente a causa de un gran cambio ecológico de escala planetaria.

2. Cambios climáticos en los últimos millones de años

Vivimos hoy en un tiempo de gran preocupación por el cambio climático. Tememos que, por efecto de la actividad humana, el planeta se caliente más de la cuenta. Nos parece percibir que hace más calor en estos días que cuando éramos niños. Oímos que el desierto avanza y el hielo de las montañas o los polos se funde. En resumen, el cambio climático es terreno abonado para los catastrofismos de finales del segundo milenio; pero los científicos tenemos la obligación de analizar los problemas y sus causas con una perspectiva más amplia. En geología histórica, aumentar la perspectiva quiere decir abrir la ventana del tiempo varios millones de años (figura 3.1).

Desde hace unos diez mil años estamos en una época cálida, que ha permitido la actual expansión de la humanidad a partir del desarrollo de la agricultura. No debemos olvidarnos, sin embargo, de que se trata de un paréntesis dentro del

período frío que supone el último millón de años. Además, en estos últimos diez mil años el clima tampoco ha sido absolutamente uniforme.

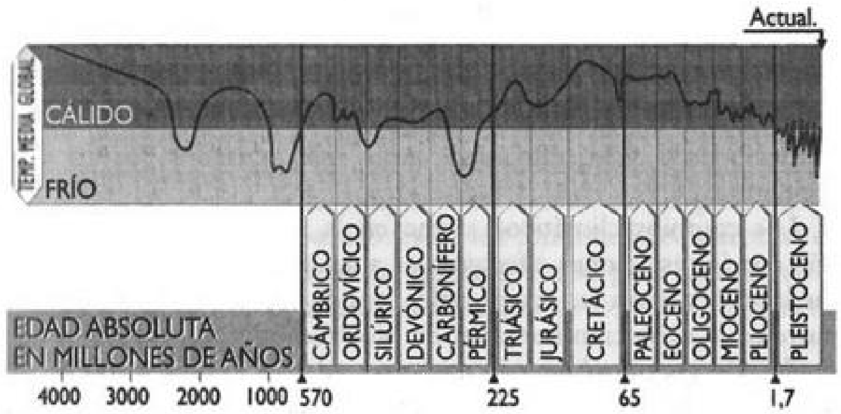


FIGURA 3.1. Variación histórica de la temperatura media global de la Tierra. Se observa un descenso continuo de la temperatura media desde el Mioceno, acompañado de las marcadas oscilaciones en el Pleistoceno a las que corresponden las glaciaciones.

Ha habido momentos mucho más fríos que los actuales y tiempos tan cálidos o más que el presente, pero estos pequeños ciclos de calor y frío han durado pocos siglos y sus efectos puede decirse que son moderados.

Hace más o menos siglo y medio salimos de un momento frío llamado Pequeña Edad del Hielo, que comenzó en el siglo XV y tuvo gran influencia en muchos acontecimientos históricos. En la cálida Edad Media, por el contrario, no sólo fueron frecuentes los viñedos y otros cultivos delicados en regiones hoy poco propicias de Gran Bretaña, sino que, incluso, los vikingos pudieron colonizar durante varios siglos las costas meridionales de Groenlandia, donde cultivaban cereales, tenían granjas y hasta sostuvieron una diócesis episcopal permanente. El mismo nombre de Groenlandia, «tierra verde», fue un buen reclamo publicitario. Sin embargo, todo rastro vikingo desapareció de Groenlandia a comienzos del siglo XVI, cuando la ola fría empezó a ser tan intensa que, en Londres, el rey Enrique VIII podía cruzar con su carroza el Támesis profundamente helado.

Estas oscilaciones de pequeña escala no son nada, sin embargo, comparadas con los grandes cambios climáticos en los que se enmarca la evolución humana en los

últimos 405 m.a. En este período se constata una tendencia general de enfriamiento del planeta que llega hasta hoy en día, al mismo tiempo que, en promedio, disminuyen las precipitaciones. Estos fenómenos no tuvieron lugar de manera uniforme, sino que estuvieron acompañados de oscilaciones o ciclos climáticos tanto más acusados cuanto más recientes.

Los cambios climáticos, como en la actualidad suceden cada año con las estaciones, afectan más a las tierras situadas en las altas latitudes que a las ecuatoriales, donde se ha desarrollado gran parte de la evolución humana. En Norteamérica y Eurasia las llamadas glaciaciones han sido muy marcadas en el último millón de años, período en el que, con unos intervalos regulares de unos 100.000 años, grandes mantos de hielo se extendieron por una parte considerable de estos continentes.

3. Escalas paleotérmicas

Los espectaculares rastros dejados por los hielos durante sus avances y retrocesos en el hemisferio norte se utilizaron para establecer una escala de temperaturas en Europa a lo largo del tiempo. No obstante, las glaciaciones, aun siendo episodios climáticos de gran escala, no dejan de ser fenómenos locales y afectan de manera desigual a diversas regiones, incluso dentro del pequeño continente europeo; además, es difícil seguir su pista más allá del último millón de años.

Actualmente se tiende a utilizar las *curvas marinas de paleotemperatura*, que se obtienen investigando los depósitos sedimentarios acumulados en los fondos oceánicos. Estos registros marinos son mucho más largos y continuos que los continentales, y reflejan de forma más fiable los cambios globales de temperatura.

La escala más empleada se construye a partir del oxígeno encontrado en los diminutos caparazones fosilizados de unos microorganismos llamados foraminíferos. Estos minúsculos protozoos viven en el mar y cuando mueren sus caparazones se acumulan lentamente en el fondo.

Se han practicado decenas de sondeos en aguas profundas de todo el planeta, para tener una secuencia de microfósiles que abarque mucho tiempo. En la naturaleza, el

oxígeno se presenta en forma de dos isótopos[1] diferentes, ambos estables: el Oxígeno-16, ligero y muy abundante, y el Oxígeno-18, más pesado y muy escaso. La proporción de los isótopos del oxígeno en el agua de mar y en el dióxido de carbono disuelto en ella depende de la temperatura. Como ese oxígeno pasa a formar parte de los caparazones de los foraminíferos mientras éstos están vivos, la temperatura queda grabada para siempre en su cuerpo; cuando mueren esa información se deposita lentamente en el fondo del mar.

Para relacionar estas escalas marinas, que nos indican la temperatura del agua, con los ciclos climáticos continentales, se han rastreado también en los fondos oceánicos los sedimentos de polvo transportado por el viento desde tierra adentro, con objeto de ver cómo han variado estos aportes, que se suponen más abundantes cuanto más secas y áridas sean las regiones continentales próximas, y menor su cobertura vegetal. Igualmente, se han estudiado en los fondos marinos los granos de polen fósil para conocer qué plantas cubrían la superficie terrestre.

Los registros marinos nos informan de lo sucedido en los últimos millones de años, pero no explican las causas ¿Cuáles son los principales factores que se barajan para justificar los cambios que se han producido en el clima de la Tierra?

4. Factores de cambio climático

Los factores fundamentales que originan cambios climáticos pueden agruparse en cinco grandes categorías:

a. Sucesos catastróficos.
b. Evolución geodinámica del planeta.
c. Comportamiento del sistema hidrosfera-atmósfera.
d. Fluctuaciones naturales de la órbita de la Tierra alrededor del Sol.
e. Efecto de la biosfera, que incluye la actividad humana.

Estos factores, algunos de ellos íntimamente entrelazados, producen efectos muy diferentes.

---

[1] Los isótopos son átomos ligeramente distintos de un mismo elemento químico. Como la pequeña diferencia radica en el núcleo de los átomos (en concreto en el número de neutrones), ésta apenas se nota en la mayoría de las propiedades ordinarias de ese elemento, excepto en una mínima diferencia de peso. La importancia fundamental de los isótopos, y la razón por la que son famosos, se debe a sus propiedades nucleares: unos son estables, como el Carbono-12, y otros radioactivos (es decir, se descomponen de forma natural emitiendo radiaciones), como el Carbono-14; unos sirven para fabricar bombas atómicas, como el Uranio-235, y otros no, como el Uranio-238, etc.

Los sucesos catastróficos, rápidos e impredecibles, tales como el impacto de meteoritos gigantes o macroerupciones volcánicas, originan cambios acusados, pero de corta duración; sólo si la alteración producida es muy drástica podría tener efecto sobre especies enteras.

A las 10:00 del 27 de agosto de 1883 se produjo en la caldera volcánica de Krakatoa (Indonesia) la mayor explosión comprobada de la historia, muy superior a cualquier prueba nuclear. Pudo oírse a más de 3500 km de distancia; volatilizó una isla entera y expulsó 21 km^3 de rocas. Proyectó a la atmósfera ingentes cantidades de gases y ceniza que ascendieron como un chorro vertical de 80 km de altura. Las finas partículas de polvo inyectadas en la estratosfera dieron varias veces la vuelta al mundo y durante años produjeron, incluso en Europa, espectaculares puestas de Sol. Los maremotos subsiguientes llegaron hasta Hawai y Sudamérica.

Murieron más de cincuenta mil personas. Posiblemente, la temperatura global de la Tierra descendió medio grado y, sin embargo, no se produjo ningún cambio duradero; no desapareció ninguna especie. En la actualidad, sólo existe una teoría catastrofista que goce de reputación. Se trata de la hipótesis del gran impacto meteórico que se postula para la extinción de los dinosaurios. Y no sin gran controversia.

La evolución geodinámica incluye fenómenos muy variados, tales como la disminución del flujo de calor que llega a la superficie terrestre desde su interior, los desplazamientos de los polos geográficos y magnéticos, la actividad volcánica y los movimientos, verticales y horizontales, de la corteza terrestre. Este último aspecto es fundamental.

En los últimos millones de años la deriva de las tierras emergidas ha llevado a un continente entero, la Antártida, a situarse exactamente en la posición del Polo Sur terrestre. De este modo, la nieve que recibe se acumula formando un manto de hielo que alcanza un grosor máximo de 4 km.

En el hemisferio norte o boreal también se ha producido el acercamiento de las enormes masas continentales de Norteamérica y Eurasia al Polo Norte. En la actualidad estamos en un período de relativa calidez entre dos glaciaciones, pero en las épocas glaciales las tierras situadas en latitudes altas se han visto cubiertas permanentemente por los hielos, como lo está todavía Groenlandia en un 80% de

su superficie, alcanzando aquí el hielo una profundidad máxima de casi 3 km. En el Polo Norte no hay tierras emergidas donde se acumule la nieve, pero como el océano Glacial Ártico está muy encerrado, se forma un casquete permanente de hielo, no muy grueso, que flota sobre su superficie.

El sistema hidrosfera-atmósfera es muy complejo. La gran capacidad del agua para almacenar calor hace que los océanos actúen como enormes termostatos que suavizan las oscilaciones térmicas terrestres. Por otra parte, los mares controlan, en gran medida, las tasas de vapor de agua y de dióxido de carbono presentes en la atmósfera. Del vapor de agua contenido en el aire dependen las precipitaciones (lluvia, nieve...); además, estos dos gases son los principales responsables del llamado «efecto invernadero».

5. Los ciclos de Milankovic

El movimiento de la Tierra en su órbita alrededor del Sol produce dos ciclos térmicos muy regulares que todos conocemos bien. El primero es la alternancia de los días (período cálido) y las noches (período frío) debido a la rotación de la Tierra sobre un eje imaginario que pasa por los polos norte-sur; se completa, como sabemos, cada veinticuatro horas. El segundo es la sucesión anual de las estaciones que en el hemisferio norte produce la serie primavera (templada), verano (cálido), otoño (templado) e invierno (frío). El origen de este segundo ciclo está en la inclinación del eje de rotación de la Tierra respecto del plano de su órbita. Dicha inclinación es en la actualidad de unos 23,5°.

Cuatro son los eventos que marcan el comienzo y final de las estaciones, tal como las entendemos en las zonas templadas de la Tierra: dos equinoccios (primavera o vernal y otoño) y dos solsticios (verano e invierno). En los equinoccios coinciden, exactamente, la duración del día y de la noche. En el solsticio de verano se produce el día con más horas de luz del año y en el solsticio de invierno se alcanza la noche más larga, siempre referido al hemisferio norte (figura 3.2). A escala humana, éstos son los únicos ciclos que percibimos y son demasiado rápidos para dejar huellas geológicas.

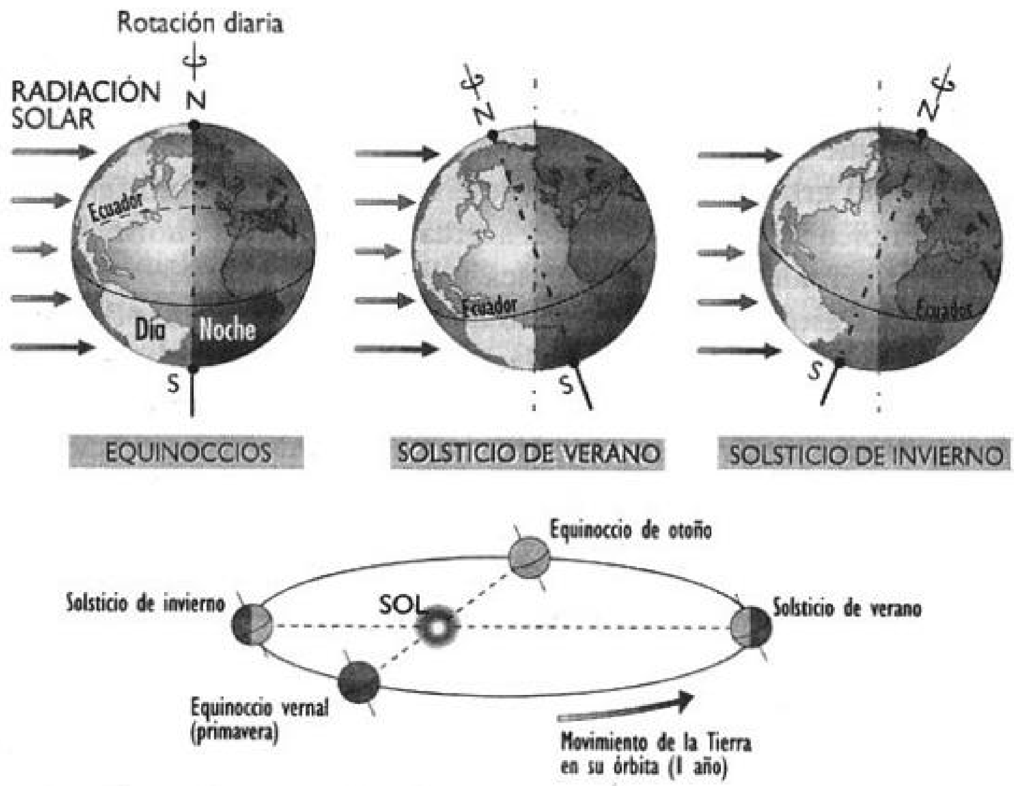


FIGURA 3.2. La causa de las estaciones. La inclinación del eje de rotación norte-sur de la Tierra respecto del plano de la órbita alrededor del Sol es la causa de las estaciones. Fijándonos en el hemisferio norte, en verano los días son largos y la radiación solar llega frontalmente. En invierno los días son cortos y, además, la radiación incide tangencialmente (obsérvese que sucede simultáneamente lo contrario en el hemisferio sur). Como se aprecia, las estaciones no guardan relación directa con la mayor o menor distancia de la Tierra al Sol.

La hipótesis de que la causa de los cambios climáticos de gran escala fuese debida a fluctuaciones naturales de los movimientos orbitales de la Tierra se planteó en el siglo XIX; sin embargo, el establecimiento de una teoría cuantitativa capaz de relacionar los movimientos orbitales de la Tierra, el grado de insolación y el clima del planeta fue la imponente obra del ingeniero Milutin Milankovic (1879-1958), que dedicó más de treinta años a su estudio.

Si la órbita de la Tierra alrededor del Sol fuese perfectamente circular («casi» lo es), el Sol estuviera exactamente en el centro geométrico de la órbita («casi» lo está) y la inclinación del eje fuese constantemente de 23,5° (como «casi» sucede), no

habría cambios climáticos a gran escala debidos a fluctuaciones en la insolación: todos los veranos serían iguales entre sí desde hace miles de millones de años; sin embargo, la suma de todos esos «casis», y algunos otros no mencionados, origina lentísimos cambios en la cantidad de radiación solar que anualmente recibe la Tierra. En la teoría de Milankovic ése es el lento, pero inagotable motor que gobierna los cambios climáticos.

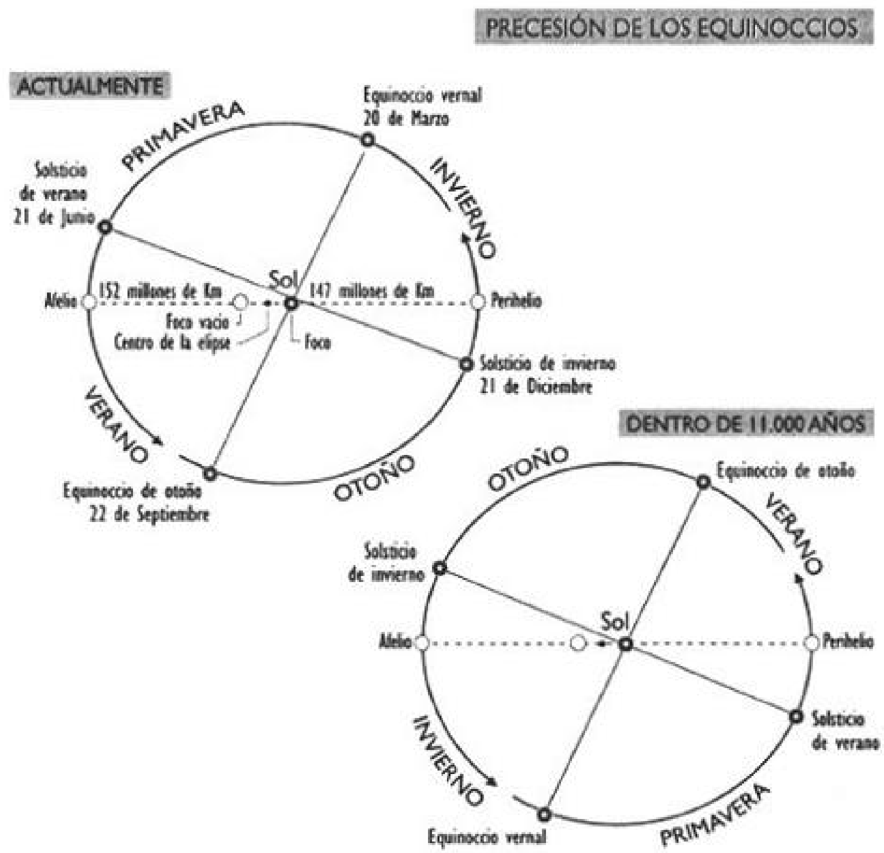


FIGURA 3.3. La precesión de los equinoccios. La posición de los equinoccios y los solsticios que marcan el inicio de las estaciones cambia ligeramente cada año. Actualmente, el invierno en el norte empieza cuando el Sol está más cerca de la Tierra (perihelio); por eso los inviernos no son especialmente fríos. Dentro de unos 11.000 años el invierno se producirá cuando el Sol esté en su punto más alejado (afelio); entonces, los inviernos boreales serán más rigurosos. Por consiguiente, la precesión de los equinoccios suaviza o resalta, periódicamente, el rigor de las estaciones.

Junto con la precesión de los equinoccios (figura 3.3), que hace que cada 11.000 años, aproximadamente, se alternen veranos tórridos y veranos templados, Milankovic consideró, por su interés paleoclimático, otras dos fluctuaciones más lentas. La primera se refiere al cambio en la inclinación del eje de rotación de la Tierra respecto al plano de la órbita que, siendo actualmente de unos 23,5°, fluctúa entre 21° y 24,5° con un período de unos 41.000 años. La segunda, la más lenta de todas con ciclos de 100.000 y 400.000 años, está relacionada con cambios en la forma de la órbita (más redonda o más alargada). Todas estas fluctuaciones orbitales se acoplan entre sí dando lugar a complejas oscilaciones temporales de la insolación.

Con el desarrollo de las escalas paleotérmicas marinas en los años setenta, sobre todo la basada en los isótopos del oxígeno, disponemos de evidencias innegables de que los cambios climáticos siguen oscilaciones cuyos períodos coinciden con los predichos por la teoría de Milankovic. Puede afirmarse que sólo nos falta por conocer con detalle los mecanismos de amplificación por los cuales las ligeras variaciones de insolación predichas por la teoría provocan los grandes cambios climáticos.

6. Un modelo climático para el África ecuatorial

Las precipitaciones en el África subtropical muestran en la actualidad una marcada dependencia estacional y siguen los ciclos anuales del monzón africano. Durante el verano boreal el calentamiento de las tierras interiores provoca la entrada de aire húmedo procedente del Atlántico ecuatorial. De este modo, en el oeste y centro del África subtropical las lluvias son muy abundantes. En el África oriental las precipitaciones son mucho menores siempre, porque a la lógica disminución que provoca la mayor distancia que han de recorrer las nubes se une la presencia de una barrera de montañas que dificulta grandemente su aproximación. En invierno, la circulación atmosférica se invierte y los vientos fríos y secos del noreste soplan en toda la región, perjudicando en mayor medida, de nuevo, al África oriental; mientras, en el oeste, algunas corrientes locales siguen aportando aire cálido y húmedo procedente del Atlántico.

En estas condiciones, la vegetación del oeste del África subtropical se conserva, todavía hoy, como selva húmeda. El este de África es, por el contrario, mucho más árido. Sus ecosistemas son ahora de sabana, con predominio de las formaciones herbáceas sobre los árboles. Volveremos a tocar este factor geográfico, que determina una tan marcada división entre el este y el oeste del África subtropical, cuando nos ocupemos de la hipótesis denominada East Side Story.

Los registros marinos revelan que esta dependencia estacional del monzón de verano ya existía hace 5 m.a.; sin embargo, las más favorables condiciones generales de temperatura, humedad y nivel atmosférico de $C0_2$ hacían posible que los bosques, más o menos húmedos, cubrieran toda la región subtropical africana.

Peter de Menocal ha construido un modelo teórico de cómo los diferentes factores han afectado a los climas de las latitudes bajas africanas en los últimos millones de años. El modelo explica cómo el clima del África subtropical puede verse influido por las oscilaciones climáticas del norte, es decir, por las glaciaciones. Entre otros aspectos, estudia el efecto del enfriamiento del Atlántico norte sobre los monzones en África. Según Peter de Menocal, hace unos 2,8 m.a. se produjo un fenómeno que cambió de forma decisiva la historia climática del hemisferio norte y afectó seriamente a los ecosistemas en los que se desarrollaba la evolución de nuestros antepasados: se trata del inicio de las oscilaciones climáticas de gran amplitud, con hielos permanentes en muchas tierras del norte en las épocas frías. Los registros marinos en las zonas subtropicales de los océanos Atlántico e Índico, que bañan las costas africanas, muestran que dichas oscilaciones climáticas influyeron severamente en el clima del África ecuatorial. Desde entonces el retroceso de las masas boscosas en esas tierras, en beneficio de las sabanas y formaciones herbáceas en general, ha sido imparable. Ésta parece haber sido la situación entre hace 2,8 y 1 m.a. De igual manera, los registros marinos indican que, desde hace aproximadamente 1 m.a., la dependencia climática de esta región de África respecto de las oscilaciones del norte se ha agudizado. El modelo teórico que ha elaborado de Menocal es capaz de justificar el aumento de la aridez en el África subtropical y su relación con los períodos glaciales boreales. La causa fundamental aducida es que el enfriamiento de las aguas del Atlántico norte originó una serie de

monzones africanos de verano más fríos y menos húmedos que terminaron por arruinar los delicados bosques tropicales del África oriental.

No obstante, como los factores astronómicos han existido siempre y las glaciaciones sólo se han producido en determinadas épocas de la historia de la Tierra, hay que admitir que estas situaciones extremas se producen sólo cuando a las fluctuaciones orbitales se superponen otras circunstancias. Una es, desde luego, el movimiento hacia los polos de las masas continentales que favorece la acumulación de hielo y dificulta la llegada de aguas cálidas tropicales. La otra es la evolución de la atmósfera y, muy especialmente, la influencia del dióxido de carbono.

7. El gas de la polémica

La presencia natural de vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono y otros gases atmosféricos hace que la temperatura media de la superficie terrestre sea de 15 °C y no de −15 °C: si no fuera por el efecto invernadero natural, ¡la superficie terrestre sería una costra de hielo! Por tanto, cuando se habla del efecto invernadero como de algo potencialmente peligroso hay que referirse, en realidad, al «efecto invernadero realzado», es decir, al sobrecalentamiento adicional que pueden provocar las emisiones producidas por la actividad humana.

El dióxido de carbono ($C0_2$) es el gas, ligeramente ácido y habitualmente inocuo, de las burbujas de nuestras bebidas. Su porcentaje en la atmósfera es reducido, apenas un 0,03%, pero su importancia es muy superior a su abundancia: no sólo es agente principal del beneficioso efecto invernadero (salvo magnificación por causas humanas), sino que es la fuente fundamental del carbono orgánico, es decir, el carbono del que estamos hechos los seres vivos.

Con ayuda de la luz solar las plantas convierten el agua y el $C0_2$ en materia orgánica durante la fotosíntesis. La mayor parte de los vegetales pertenecen a un grupo denominado C_3, porque el dióxido de carbono queda fijado por un mecanismo que emplea una molécula con tres átomos de carbono. Una minoría de plantas, en general hierbas de tallos duros y fibrosos, pertenecen a otro grupo denominado C_4, pues el mecanismo de fijación del dióxido de carbono pasa por una molécula con cuatro átomos de carbono. A este segundo grupo pertenecen algunas pocas plantas cultivables, tales como el maíz y la caña de azúcar.

En buenas condiciones de humedad y temperatura, y con abundante CO_2, las plantas C_3 se desarrollan mucho mejor que las C_4; pero con la cantidad actual de dióxido de carbono en la atmósfera, muy escasa en relación con otras épocas geológicas de la Tierra, las plantas de tipo C_3 tienen dificultades para vivir en ambientes secos y cálidos. Hoy en día, en climas templados o fríos siguen predominando las plantas de tipo C_3. En latitudes próximas al Ecuador, con climas cálidos, las plantas C_3 abundan en los bosques húmedos, también llamados pluvisilvas (donde no hay limitaciones en la disponibilidad de agua), mientras que las C_4 son hierbas y juncos característicos de los medios abiertos, secos y soleados, siendo pastadas en África por las cebras y los antílopes del tipo de las gacelas, los alcelafos, los impalas y los ñúes, y también por los elefantes, hipopótamos y otros herbívoros de las grandes sabanas. Como estas plantas C_4 tienen tallos fibrosos y mineralizados, los mamíferos que las consumen sufren un gran desgaste en sus dientes, razón por la cual tienen coronas muy altas para que duren mucho tiempo.

Además de por su aspecto, es posible diferenciar químicamente a las plantas C_3 de las C4, ya que estas últimas contienen en mayor proporción cierto isótopo escaso del carbono[2] Thure Cerling y sus colegas han llevado a cabo un exhaustivo análisis de la cantidad de este isótopo estable, pero raro, del carbono en el esmalte de dientes fósiles de animales que comen hierbas, sobre todo en équidos (el grupo hoy formado por los caballos, cebras y sus parientes asnos y hemiones), pero también en proboscídeos (el grupo de los elefantes), en unos mamíferos sudamericanos extinguidos llamados notoungulados, y en otros grupos de grandes herbívoros. Las regiones estudiadas fueron Europa, este de África, Pakistán, América del Norte y Sudamérica, y el período abarcado los últimos 20 m.a. Los investigadores encontraron que las proporciones de este isótopo raro eran bajas en todos los grupos hace 8 m.a. o más, indicando un mundo dominado por las plantas del tipo C_3. Sin embargo, 2 m.a. después la situación empezó a cambiar en el este de África, Pakistán, América en latitudes bajas y Sudamérica (en Europa y el norte de África siempre han dominado las plantas de tipo C_3).

La conclusión a la que llegaron Cerling y los demás es que entre hace 8 y 6 m.a. comenzó un descenso, que no se ha detenido hasta la época industrial, de la

[2] El Carbono-13.

concentración de CO_2 en la atmósfera, con la consiguiente expansión de los ecosistemas abiertos dominados por plantas del tipo C_4, y la reducción de las masas forestales. Es interesante la observación que hacen estos autores de que los cambios en las formaciones vegetales que afectaron a extensas regiones del globo se vieron acompañados por cambios faunísticos importantes, con la expansión de mamíferos adaptados a los medios abiertos, herbívoros de coronas dentales altas para pacer las hierbas, que reemplazaron a los herbívoros que ramoneaban.

Un último apunte. No habrá escapado seguramente al lector que la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera que lleva a cabo el hombre con la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo...) tendrá también sus efectos ecológicos en el futuro, favoreciendo las plantas de tipo C_3. Éste es uno más de los factores, junto con el efecto invernadero realzado, el agujero de la capa de ozono, la lluvia ácida y algunos otros, sobre los que ejercemos una irresponsable influencia, mucho antes de que hayamos llegado a entender el complicado mecanismo del clima terrestre.

8. El final del paraíso

En términos ecológicos, el progresivo descenso del volumen de dióxido de carbono atmosférico, junto a los factores climáticos, ha tenido como resultado que el cinturón de bosque tropical cálido que se extendía por gran parte del Viejo Mundo sufriera un proceso de fragmentación y declive desde el Mioceno final, y, sobre todo, en el Plioceno y Pleistoceno. Esta pérdida de hábitat propició, sin duda, la desaparición de muchas especies de hominoideos, aunque quizá no fue ésta la única causa de su decadencia hasta llegar a la exigua diversidad actual. En el Mioceno podían encontrarse varias especies de hominoideos conviviendo en la misma región, cuando actualmente sólo hay como máximo dos especies a la vez. Tal vez, otra causa importante del declive haya que buscarla en la competencia ecológica con los otros monos del Viejo Mundo, los cercopitecoideos, hoy día mucho más abundantes y variados.

Sin embargo, ese mismo cambio ecológico supuso la aparición y extensión a lo largo del Mioceno final y del Plioceno de ecosistemas más abiertos en gran parte de África, con nuevas especies de plantas y animales, y entre ellas estuvieron pronto los homínidos (nuestros antepasados y parientes más próximos), como veremos en

el siguiente capítulo. También se aprovecharon de este cambio de medio ambiente los antepasados de los monos patas y de los papiones y geladas. Una forma de estos últimos, *Tberopithecus oswaldi*, llegó a alcanzar un enorme tamaño durante el Pleistoceno (pesando en casos excepcionales hasta 100 kg), y convivió con el hombre, que tal vez hasta le dio caza y contribuyó a su extinción (figura 3.4). En el yacimiento de Olorgesailie en Kenia (de hace 800.000 años) se han encontrado numerosos restos de este mono gigante asociados a una enorme cantidad de instrumentos de piedra.

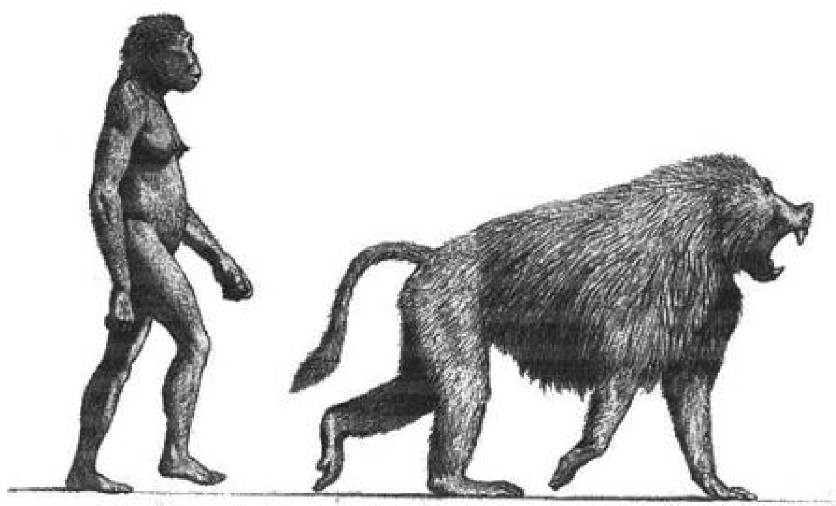


FIGURA 3.4. El gelada gigante Theropithecus oswaldi (a la derecha) a la misma escala que una hembra del homínido Paranthropus boisei.

Como puede verse, no somos ni mucho menos los únicos primates que hemos abandonado los árboles, o dicho de otro modo, que nos hemos adaptado a un mundo donde los árboles han sido reemplazados por las hierbas, los bosques por las praderas.

Capítulo 4
El origen de la humanidad

Así, por cada hombre que jamás ha vivido, luce una estrella en ese Universo.
ARTHUR C. CLARK, *2001. Una odisea espacial*.

Contenido:

1. Relojes moleculares

Según los estudios de los biólogos moleculares, nuestro linaje se separó de la línea de los chimpancés hace entre 4,5 y 7 m.a.; es decir, aproximadamente en la misma época en la que, según hemos visto en el capítulo anterior, el progresivo descenso de los niveles de dióxido de carbono atmosférico empezaba a hacer sentir sus efectos sobre los ecosistemas africanos. Esta coincidencia hace muy tentadora la hipótesis de un origen de los homínidos directamente ligado al cambio ecológico y la expansión de los medios abiertos, a los que se habrían adaptado desde el principio. Sin embargo, como luego veremos, hoy parece que los más antiguos representantes de nuestro grupo, los primeros homínidos, eran tan habitantes del bosque húmedo como lo son en la actualidad los chimpancés, y que la progresiva adaptación a medios más secos y menos densamente arbolados se produjo más tarde.

En todo caso, los biólogos moleculares han calculado ese intervalo entre hace 4,5 y 7 m.a. por medio de sus *relojes moleculares*. El fundamento de estos relojes

biológicos consiste en que la diferencia genética entre dos especies, como la nuestra y los chimpancés, debería estar en función del tiempo transcurrido desde que se produjo la separación de una y otra línea. En otras palabras, la divergencia genética aumenta con el tiempo, algo que también pasa con la diferencia morfológica entre dos estirpes que se van alejando la una de la otra, siguiendo diferentes caminos evolutivos.

Pero esta afirmación de que la diferencia genética está en función del tiempo de divergencia es válida sólo si se escogen para el análisis los genes adecuados. Estos genes que sirven para los relojes moleculares son los llamados genes «neutros», que no son favorables ni perjudiciales y por tanto sobre ellos no opera la selección natural. En los genes neutros se van acumulando las mutaciones que se producen espontáneamente a un ritmo constante, sin que sean eliminadas ni favorecidas, como copos de nieve que caen.

En cambio, los genes que la selección sí detecta, los que «no» son neutros, pueden modificarse a ritmos diferentes e inconstantes en función de la intensidad de la presión de selección que se ejerza sobre ellos. Dicho de otro modo, si determinado gen (técnicamente, sería más propio decir *alelo*) es muy beneficioso para el que lo tiene, es seguro que se esparcirá con rapidez por toda la población. Si en cambio es desfavorable, su frecuencia en la población bajará rápidamente porque tiene en contra a la selección natural, un poderoso enemigo. Además, lo que hoy es beneficioso puede no serlo mañana, o no serlo en otra especie, por lo que estos genes no neutros no sirven para medir el tiempo en la evolución. Buscando un ejemplo de la vida práctica, la potencia y capacidad de los ordenadores personales, que están sometidas a la presión de la selección del mercado, aumentan muy deprisa, y no a una tasa constante. Es un reloj demasiado acelerado.

Pero para calcular el ritmo de cambio de los genes neutros, la llamada *tasa de mutación*, hay que recurrir de nuevo a los fósiles, midiendo la distancia genética entre dos especies de las que se conoce, por los fósiles, cuánto tiempo llevan separándose sus líneas. Por ejemplo, para el problema de cuánto tiempo hace que se separaron las líneas humana y de los chimpancés, se puede utilizar la pareja de especies humanos/orangutanes. Medir la distancia genética entre ellas es lo más

fácil, aunque como no vale cualquier gen los cálculos varían en función de cuáles se elijan.

Averiguar cuándo se separó la línea de los orangutanes es harina de otro costal. A veces se utiliza la cifra de 13 m.a., que se corresponde con los primeros fósiles atribuidos al *Sivapithecus*, que a su vez marcarían el comienzo de la evolución de los orangutanes.

Es decir, que para que el «reloj molecular» funcione es necesario que se cumplan muchas cosas: genes que la selección natural no «ve» y que nosotros sí conocemos, ritmos constantes de mutación y un buen marco paleontológico de referencia. Demasiadas cosas, pero así y todo ese intervalo de 4,5 a 7 m.a. de antigüedad para la separación humanos/chimpancés también es aceptable, como veremos enseguida, a los ojos de los paleontólogos.

2. Los primeros homínidos fósiles

Antes de seguir adelante conviene, para evitar confusiones con otros autores, detenerse un momento aquí y hacer una precisión terminológica. Algunos paleoantropólogos utilizan el término homínido en un sentido muy amplio para referirse a humanos, chimpancés, gorilas y los parientes fósiles de todo el grupo. Nosotros preferimos dar a la palabra homínido el uso más tradicional que incluye sólo a los seres humanos actuales y a todos los fósiles de nuestra propia línea evolutiva, es decir, posteriores a la separación de la línea de los chimpancés. Otros autores definen a los homínidos como los primates bípedos. Sin embargo, aunque es cierto que todas las especies con postura erguida entran dentro de nuestra definición de homínido, veremos a continuación que no sabemos aún con seguridad si los primeros homínidos ya caminaban de pie.

Todos los bípedos son homínidos, pero puede que no todos los homínidos fueran bípedos.

Un fragmento de mandíbula con una muela procedente de Lothagam (Kenia), con una edad geológica superior a 5,1 m.a. podría pertenecer a un homínido, aunque debido a lo poco que se conserva es difícil pronunciarse. Otros fósiles de los que tampoco puede decirse mucho son el fragmento de mandíbula de Tabarin y el fragmento de húmero proximal (o superior) de Chemeron, ambos de Kenia, datados

en unos 4,5 m.a. Aparte de estos restos aislados e inciertos, el conjunto más antiguo de fósiles de homínidos ha sido localizado a partir de 1992 por el equipo que dirigen Tim White, Gen Suwa y Berhane Asfaw en la región del curso medio del río Awash, en el País de los Afar, Etiopía. Estos fósiles del Awash Medio sólo han sido publicados en parte, aunque para ellos White y sus colegas ya han creado un nuevo género y especie: el *Ardipithecus ramidus* (los vocablos *ardi* y *ramid* proceden de la lengua afar y significan, respectivamente, «suelo» y «raíz», mientras que *pithecus* significa «mono» en griego). Lo que ha sido dado a conocer de estos fósiles es que se trata de formas muy primitivas de homínidos, con una antigüedad en torno a 4,4 m.a. De hecho, muestran rasgos tan primitivos, en particular en su dentición, que se intuye que no pueden estar muy lejos de la división entre las líneas de chimpancés y humanos. Por eso una edad entre 4,5 y 7 m.a. para ese momento parece aceptable, y si tuviéramos que apostar lo haríamos por una fecha más próxima a 4,5 m.a. que a 7 m.a. En todo caso, es probable que no pase mucho tiempo antes de que tengamos la respuesta definitiva.

También parece que el *Ardipithecus ramidus* habitaba un medio forestal. A esta última conclusión se llega, en primer lugar, por el tipo de mamíferos de vida ligada al bosque con los que aparecen los homínidos fósiles. Son especialmente abundantes los monos del tipo de los colobos y los antílopes tragelafinos, el grupo de los kudus, sitatungas y otros antílopes de cuernos en espiral. En segundo lugar, los dientes del *Ardipithecus ramidus* presentan un esmalte fino, como el de los chimpancés, que se alimentan de frutos, hojas, tallos tiernos, brotes y otros productos vegetales blandos. Sin embargo, los dientes de homínidos fósiles posteriores en el tiempo al *Ardipithecus ramidus* tienen una gruesa capa de esmalte, que los protege del desgaste producido por una dieta vegetal con productos duros del tipo de raíces, tubérculos, granos, nueces, etcétera. Así pues, parece ser que los primeros antepasados del hombre, los primeros homínidos, eran nos primates que habitaban la selva y se alimentaban de manera no muy diferente a como lo hacen hoy los chimpancés. Pero dejemos el análisis detenido de la alimentación de los homínidos para un capítulo posterior.

A partir de algunos aspectos de la base del cráneo en restos bastante fragmentarios, White y sus colegas han sugerido que estos primeros homínidos eran

bípedos y caminaban como nosotros, pero todavía falta demostrarlo con la evidencia de los huesos de la cadera y de las piernas, que se sabe que han sido encontrados en las últimas campañas de excavación.

3. Cambio de hábitat

Un equipo keniano dirigido por Meave Leakey (esposa del famoso descubridor de fósiles Richard Leakey del que hablaremos luego), ha encontrado en Kanapoi y Allia Bay, a un lado y otro del lago Turkana (Kenia), fósiles de homínidos en torno a los 4 m.a. de antigüedad (de 3,9 a 4,2 m.a.), creando con ellos una especie bautizada en 1995 como *Australopithecus anamensis* (el término *anam* significa «lago» en lengua turkana, por lo que el nombre de esta especie puede traducirse como «australopiteco del lago»). Esta vez se trata de unos homínidos también muy primitivos, a juzgar por un maxilar y una mandíbula rescatados, pero que presentan esmaltes gruesos en los molares. La asociación de fósiles de la que forman parte sugiere un ambiente forestal abierto, o una sabana más o menos arbolada y con cursos de agua. Hay también colobos y antílopes de cuernos en espiral, pero están asociados a otras especies más propias de medios abiertos, como los gerbillos, un tipo de ratones de estepas áridas.

Se ha encontrado, entre otros restos de homínidos, una tibia cuya morfología mueve a sus descubridores a afirmar que estos primates eran bípedos. Asistimos por primera vez, hace unos 4 m.a., a la aparición de unos homínidos que han empezado a cambiar de manera significativa su modo de vida, su ambiente y su alimento, y que incluso se mueven de una forma totalmente nueva.

Si en la explotación de las sabanas y formaciones herbáceas los homínidos no somos los únicos primates, la postura erguida es, en cambio, una novedad absoluta.

El siguiente millón de años (en números redondos) corresponde a una especie también esteafricana, denominada *Australopithecus afarensis* (que puede traducirse por «australopiteco del País de los Afar»). La mayor parte de sus fósiles se han encontrado en el área de Hadar, tramo final del río Awash (en el País de los Afar, Etiopía), y en Laetoli (Tanzania).

Los fósiles de Laetoli, entre los que se encuentra una mandíbula que es el ejemplar tipo (u holotipo) de la especie (siglada como L.H. 4), se datan en 3,5 m.a. y los de

Hadar entre 3 y 3,4 m.a. En esta última región, el equipo dirigido por Donald Johanson ha descubierto numerosos restos desde 1972, lo que hace que del *Australopithecus afarensis* se tenga un registro fósil razonablemente completo, que incluye desde el cráneo de un macho (A.L. 444-2), descubierto por Yoel Rak en 1992 (figura 4.1), hasta gran parte del esqueleto de una hembra (A.L. 288-1), mundialmente conocida por Lucy tal como fue apodada por Johanson cuando la descubrió en 1974.

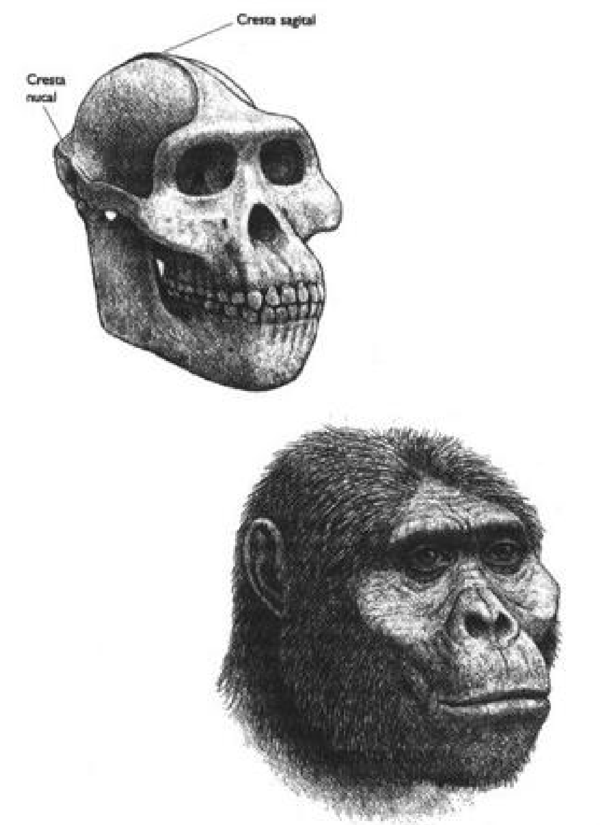


FIGURA 4.1. Macho de Australopithecus afarensis.

Del yacimiento de Maka, situado en el curso medio del río Awash y con una antigüedad de 3,4 m.a., procede un conjunto de fósiles que incluye la mandíbula más completa conocida de esta especie. También han sido atribuidos al *Australopithecus afarensis* algunos dientes con algo más de 4 m.a. de edad que se han encontrado en Fejej, en el sur de Etiopía, y un fragmento de hueso frontal procedente de Belohdelie en el Awash Medio, con una antigüedad próxima a 3,9

m.a. Sin embargo, la asignación de estos fósiles al *Australopithecus afarensis* está sujeta a revisión y podrían, dada su cronología, pertenecer al *Australopithecus anamensis*.

A lo largo de los 400.000 años de historia geológica registrados en Hadar se han detectado alternancias paleoecológicas, a juzgar por las asociaciones de vertebrados de los yacimientos. El *Australopithecus afarensis* parece haber vivido tanto en un bosque más bien seco, como en un paisaje de sabana fresca con bosques-galería a lo largo de los cursos fluviales. Es decir, ni en una selva húmeda ni en una estepa árida, sino en un hábitat intermedio.

Uno de los problemas fundamentales de la paleontología es el de agrupar los fósiles en especies, ya que por desgracia los restos no aparecen etiquetados en los yacimientos y corresponde al paleontólogo la tarea de encontrar su lugar en la evolución.

Ocurre con frecuencia que especies vivientes próximas pueden llegar a ser morfológicamente muy parecidas, o diferenciarse sólo en caracteres externos como por ejemplo en el color, el pelaje, el comportamiento u otras características que, aunque sean muy llamativas, no se reflejan en el esqueleto, que es lo que fosiliza. A este respecto, Ian Tattersall ha señalado que muchas especies de primates actuales no serían reconocidas como diferentes de otras si sólo se mirase su esqueleto y que, en consecuencia, podemos estar subestimando gravemente el número de especies fósiles, porque puede ocurrir que agrupemos dentro de la misma especie fósil dos especies que en vida eran muy diferentes en sus caracteres externos, aunque tuvieran igual o muy parecido el esqueleto.

Por el contrario, una única especie puede presentar mucha variación cuando hay grandes diferencias entre machos y hembras. Esta diferenciación entre los sexos se denomina «dimorfismo sexual», y puede ser de tamaño, de forma, o de ambas cosas a la vez. El paleontólogo podría ahora cometer el error de asignar a especies diferentes fósiles que tan sólo representan sexos distintos de la misma especie.

En resumen, con frecuencia hay grandes discusiones entre los especialistas por estos problemas. El *Australopithecus afarensis* no podía ser una excepción y cuando la especie fue creada en 1978 por Donald Johanson, Tim White e Yves Coppens hubo investigadores que no aceptaron que todos los fósiles de Hadar y Laetoli se

agruparan en una sola especie, aunque fuera muy variable, con un gran dimorfismo sexual. Muchos paleoantropólogos veían en el mismo conjunto de fósiles dos especies en lugar de una sola, aunque no se pusieran de acuerdo en el reparto de los diferentes fósiles por especies. Antes hemos mencionado el cráneo A.L. 444-2, que tiene un gran tamaño y podría ser un macho de la misma especie que Lucy, un individuo pequeño que tal vez fuera una hembra. La alternativa es que se trate de dos especies diferentes. Hemos escogido a propósito este ejemplo porque, como muchas veces ocurre en paleontología, se comparan dos partes no homologas del esqueleto: de A.L. 444-2 no se conserva el esqueleto del cuerpo (o esqueleto postcraneal), mientras que de Lucy se ha recuperado sólo una parte pequeña del cráneo. Además, Lucy tiene una antigüedad de 3,2 m.a. y A.L. 444-2 es unos doscientos mil años más moderno.

Algunos especialistas encontraban diferencias significativas en el esqueleto postcraneal, que les llevaban a reconocer en Hadar y Laetoli una especie plenamente bípeda y relacionada directamente con nosotros y otra especie, no antecesora nuestra, que combinaría la capacidad para caminar de forma bípeda con la de trepar a los árboles. Por último, ¡ha habido quienes han llegado a suponer que las hembras eran más ligeras y trepadoras y los machos más pesados y bípedos!

Un argumento muy convincente a favor de la unidad del *Australopithecus afarensis* se basa en los fósiles de la localidad A.L. 333 de Hadar. Aquí se han encontrado numerosos restos de homínidos de hace 3,2 m.a., prácticamente sin mezcla con huesos de otros animales. Estos homínidos fósiles corresponden a por lo menos trece individuos de diferentes edades, que pudieron haber muerto juntos en alguna catástrofe natural del tipo de una riada. Es muy posible que formaran parte del mismo grupo y por tanto de la misma especie de homínido. De hecho, a este puñado de fósiles se lo conoce de manera coloquial como la «primera familia».

Si en la muestra del yacimiento A.L. 333 se encontraran sólo individuos grandes, o pequeños, o de una morfología determinada, podría entonces pensarse que dentro del *Australopithecus afarensis* se habían incluido, de forma artificial, fósiles de varias especies. Si por el contrario, dentro de la muestra de A.L. 333 se encontraran todos los tamaños y morfotipos de Hadar y Laetoli, entonces estaríamos seguros de que el *Australopithecus afarensis* era una especie real y no un cajón de sastre. Pues

bien, la variación dentro de la muestra A.L. 333 es muy grande, tanta como la que le suponían sus creadores a la especie *Australopithecus afarensis*.

4. East Side Story

Hemos discutido ya lo que se sabe acerca de cuándo aparecimos los homínidos, y ahora falta comentar dónde ocurrió tal cosa, cuál fue nuestra cuna. Como hemos visto en líneas precedentes, los fósiles de los primeros homínidos se han encontrado en el este de África. Es importante matizar que estos fósiles han sido hallados a lo largo del Great Rift Valley, una enorme fractura en expansión de la corteza terrestre que se extiende desde Mozambique, a través de Malawi, por la región de los Grandes Lagos, el País de los Afar en Etiopía, el mar Rojo y llega hasta el mar Muerto, entre Israel y Jordania.

La distribución geográfica de los primeros fósiles de homínidos hace pensar en un origen esteafricano de nuestro grupo, lo que Yves Coppens denomina la «East Side Story». A lo largo del Mioceno, un gran cinturón de selva tropical se extendería desde el Golfo de Guinea hasta el océano Índico. La gran fractura de escala continental que constituye el Great Rift Valley, y los cambios en el relieve que supone este proceso tectónico, levantando grandes barreras montañosas y altas planicies, habrían ido separando desde finales del Mioceno los ecosistemas orientales, con ambientes cada vez más abiertos y habitados por homínidos, de los ecosistemas occidentales, forestales y húmedos y poblados por los antepasados de los chimpancés y gorilas.

Esta hipótesis tiene el valor añadido, que la hace muy atractiva, de que nuestro origen no constituiría un fenómeno singular. Simplemente formaríamos parte de un conjunto de especies animales y vegetales, una biota como se dice en biogeografía, que caracteriza toda una región y que está relacionada con la historia geológica y climática que ha sufrido. Ahora bien, aunque la hipótesis parece muy razonable, parte de la base de que los primeros homínidos se han originado en el este de África. Hasta la fecha, de allí provienen los fósiles más antiguos, pero Michel Brunet y sus colaboradores publicaron a finales de 1995 el hallazgo en el Chad, al norte de N'Djamena, de la porción anterior de una mandíbula de australopiteco y un premolar aislado, que se datan entre hace 3 y 3,5 m.a. basándose en la fauna

acompañante. Los autores consideraron en un estudio posterior que se trata de una especie diferente del *Australopithecus afarensis*, a la que nombraron como *Australopithecus bahrelghazali* (el término *bahrelghazali* hace referencia a la región del Chad donde se encontraron los fósiles: Bahr el ghazal, que en árabe significa «río de las gacelas»).

Este descubrimiento sugiere una temprana expansión de los homínidos muy a poniente de su cuna esteafricana, si es que ésta estuvo realmente allí.

En los yacimientos africanos como los que hemos comentado hasta ahora, de ambiente sedimentario lacustre o fluvial (lagos o ríos), se suelen encontrar especies acuáticas, como tortugas, cocodrilos, peces o hipopótamos, que no nos ayudan a saber en qué ecosistemas vivían los homínidos. Más útiles son otros de hábitos no acuáticos o anfibios. No crea el lector que la cosa es muy sencilla, porque a una cuenca pueden llegar arrastrados por corrientes de agua restos de animales que vivieron y murieron en ambientes muy diferentes. En otras palabras, en el fondo de una cuenca se acumula de todo, lo que plantea muchos problemas a los paleontólogos, que intentan resolverlos fundamentalmente a base de sentido común. La aplicación del sentido común al estudio de la formación de los yacimientos constituye una disciplina paleontológica por sí misma, y muy importante, que se denomina *tafonomía*. Gracias a la tafonomía se puede establecer, por ejemplo, si un hueso ha sido transportado desde grandes distancias o si el animal murió cerca de donde se ha encontrado. Por fortuna, el estudio de las adaptaciones que presentan las especies fósiles o paleomorfología funcional también contribuye a determinar cuál era su lugar en el ecosistema (su nicho) y cómo era su ambiente.

Sobre este último aspecto volveremos en un capítulo posterior dedicado a la alimentación de los primeros homínidos, así que ahora vamos a detenernos un momento en los fósiles asociados al *Australopithecus bahrelghazali*. Michel Brunet se imagina a estos australopitecos viviendo en una variedad de medios que incluyen bosques galería, caracterizados por la presencia de potamóqueros (un tipo de jabalíes de río) en la asociación, sabanas arboladas con elefantes, y praderas de gramíneas donde pastarían los rinocerontes.

Las principales diferencias del fósil del Chad con el *Australopithecus afarensis* se encuentran en la cara interna de la sínfisis, o porción anterior de la mandíbula, que presenta una superficie bastante plana y vertical, sin los fuertes refuerzos transversales o toros (*torus* en latín) característicos de los demás australopitecos. En este aspecto, el *Australopithecus bahrelghazali* se aproxima a nuestro género, el género *Homo*. Sin embargo, todos los premolares tienen tres raíces, un rasgo primitivo. Para complicar más las cosas, la mandíbula del *Australopithecus bahrelghazali* muestra unos premolares ensanchados. Esta expansión de los premolares caracteriza, como luego veremos, a unos homínidos posteriores llamados *parántropos*.

Quizás esta combinación de rasgos no baste para considerar al fósil chadiano una especie diferente, pero, si lo fuera, nos encontraríamos en una situación nueva. Por primera vez en nuestra historia evolutiva dos especies de homínidos habrían coexistido, aunque lo hicieran en regiones distintas. Si bien la evolución humana se ha contado tradicionalmente como una sucesión lineal de especies, iremos viendo que el árbol de la evolución en general, y nuestro caso no es una excepción, tiene un aspecto muy ramificado, aun cuando a veces finalmente sólo una rama (la nuestra) llegue hasta la actualidad.

5. Datar los fósiles

El lector puede que se haya preguntado ya cómo se sabe la edad que tienen los fósiles de estos antiquísimos antepasados nuestros. El paleoantropólogo Yves Coppens antes citado, que es un gran conferenciante, se ve a menudo asaltado con esta pregunta, a la que recomienda contestar en los siguientes términos: confíen en nosotros, sabemos la edad de los fósiles; tenemos métodos para hacerlo, somos profesionales. Aun a riesgo de aburrir al lector, vamos a desoír el consejo de Yves Coppens y trataremos de comentar muy brevemente esta cuestión fundamental.

A causa de la intensidad de las fuerzas internas puestas en juego, la fracturación de la corteza terrestre se acompaña con frecuencia de la actividad de volcanes, que en sus erupciones pueden arrojar cenizas al aire. Los vientos y las corrientes de agua transportan las cenizas que por fin se depositan en lechos intercalados entre las capas de sedimentos que contienen los fósiles. Estas capas de cenizas volcánicas, o

tobas, son muy útiles para la correlación entre yacimientos y para su datación. Incluso dos erupciones sucesivas procedentes del mismo volcán y separadas por poco tiempo tienen características distintas, que se han llamado las «huellas dactilares químicas». Por medio del análisis químico es posible comparar dos tobas volcánicas y ver si son la misma, aunque no se continúen físicamente en el campo a causa de la fracturación en bloques del terreno que caracteriza la geología de los valles de rift.

En los años ochenta se descubrió un método de datación de estas tobas basado en la fusión por un rayo láser de un único y pequeño cristal de un mineral del grupo de los feldespatos potásicos.

Al fundir el cristal, el láser libera una cantidad determinada de gas argón, que se mide con un aparato llamado espectrómetro de masas. El isótopo Argón-40 procede de la desintegración de un isótopo radiactivo del potasio (el Potasio-40) contenido en el mineral. Cuando éste se formó sólo había potasio y nada de argón. Como la desintegración se produce a un ritmo conocido y constante, la proporción final entre el potasio radiactivo y el argón nos da una edad muy fiable para la toba. En realidad, se utiliza una variante de esta técnica conocida como Argón-3 9/Argón-40.

Otro método que se emplea para la datación de rocas volcánicas es el de las *trazas de fisión*.

La desintegración (fisión) del uranio radiactivo (Uranio-238) produce unas marcas (trazas) en los cristales de determinados minerales (como el zircón). La densidad de estas trazas depende de la cantidad de uranio en el mineral y del tiempo transcurrido desde la erupción volcánica en que se formó el mineral.

Los fósiles intercalados entre tobas próximas en las secuencias sedimentarias pueden datarse con una precisión inimaginable hace pocos años. Un caso afortunadísimo es el del Awash Medio, donde la mayoría de los fósiles del *Ardipithecus ramidus* proceden de sedimentos comprendidos, como en un sándwich geológico, entre dos tobas volcánicas, una por debajo y otra por encima.

Ambas tobas tienen aproximadamente la misma antigüedad, 4,4 m.a., que es también la de los fósiles que se encuentran entre medias (ésta no es, por desgracia,

la regla general y con frecuencia hay cientos de miles de años entre las tobas situadas en posición superior e inferior respecto a los fósiles).

Los métodos del Argón-39/Argón-40 y trazas de fisión se utilizan con materiales volcánicos, que, aunque frecuentes en el este de África, no se encuentran ni mucho menos en todos los yacimientos de homínidos. Otros métodos radiométricos utilizan diferentes isótopos radiactivos, como el Carbono-14 o las series de uranio. El método del Carbono-14 (el primero que se usó) se aplica sólo a materiales orgánicos, de origen animal o vegetal, y es muy fiable. Desgraciadamente, su alcance, incluso aplicando los últimos perfeccionamientos, no supera los 50.000 años.

Por otra parte, en las cuevas son frecuentes los espeleotemas (estalactitas y estalagmitas), que se forman continuamente por precipitación del carbonato cálcico disuelto en el agua. En los casos favorables en que los cristales de carbonato son lo bastante puros, los espeleotemas pueden datarse por la técnica de las series de uranio hasta un límite máximo cercano a los 350.000 años.

Pero en muchas ocasiones, ni siquiera se dispone de espeleotemas datables en los yacimientos. Para estos casos se han desarrollado unas técnicas relacionadas entre sí, llamadas *resonancia de espín electrónico* (ESR) y *termoluminiscencia* (TL). La técnica ESR se suele usar con esmalte de dientes de mamíferos, y la técnica de datación por TL se aplica a instrumentos de sílex quemados, y a una variedad de sedimentos expuestos a la luz solar. El fundamento de ambas técnicas consiste en que tanto un mineral, el sílex o pedernal por ejemplo, como un diente y un hueso funcionan como dosímetros naturales que acumulan la radiación recibida a lo largo del tiempo.

Otro método utilizado en la medida del tiempo geológico (la geocronología) es el *paleomagnetismo*. La Tierra funciona como un imán y crea un campo geomagnético a su alrededor, con dos polos (norte y sur). Este campo orienta la aguja de la brújula, que nos señala la posición del polo norte magnético, hoy en día próximo al Polo Norte geográfico. Pero también se orientan los minerales de hierro de la arcilla, como si fueran diminutas brújulas, cuando se decantan lentamente en un medio tranquilo, como por ejemplo un charco o un lago sin turbulencias.

Cada mucho tiempo, los polos magnéticos intercambian sus posiciones (el polo norte magnético se sitúa entonces cerca del Polo Sur geográfico). La situación de los polos en cada momento queda registrada en los minerales de la arcilla que forman las capas de los yacimientos.

Estos cambios de polaridad magnética de la Tierra se han datado, permitiendo establecer una escala que contiene la secuencia de períodos alternantes con uno u otro tipo de polaridad. Cada uno de los grandes períodos se denomina *cron*. Un *subcron* es una unidad de tiempo menor y de polaridad contraria al cron dentro del cual se incluye; cuando son períodos aún más cortos se denominan *excursiones*. El paleomagnetismo no da una edad absoluta para un yacimiento, pero ayuda a establecerla junto con otros métodos.

Además de los métodos de datación expuestos, los propios fósiles de los animales asociados a los homínidos sirven para establecer su antigüedad relativa, porque la evolución de las especies hace que las faunas, incluidos los homínidos, cambien con el tiempo. De este modo se consiguen escalas biocronológicas que pueden asimismo calibrarse con las dataciones absolutas obtenidas por métodos físicos.

6. El Niño de Taung

El 28 de noviembre de 1924 fue un día grande en la historia de la paleoantropología. Ese día, Raymond Dart (1893-1988), un joven catedrático de Anatomía de la Universidad de Witwatersrand en Johanesburgo (Sudáfrica), recibió un paquete procedente de la cantera de Taung y dentro de él había un cráneo infantil en el que Dart reconoció a un muy remoto antepasado nuestro, para el que creó una nueva especie y un nuevo género: *Australopithecus africanus* (hemos esperado hasta aquí para comentar el significado del término australopithecus, compuesto de los vocablos *pithecus*, «mono», y *austral*, que significa «sur»). Este yacimiento fue destruido y no ha proporcionado más fósiles de homínidos, pero otras canteras llamadas Sterkfontein y Makapansgat han resultado muy «productivas» en fósiles de *Australopithecus africanus*.

Gracias al yacimiento de Sterkfontein tenemos un registro amplio de *Australopithecus africanus* (figura 4.2), incluyendo un cráneo muy completo y emblemático (hallado en 1947) que lleva la sigla Sts 5 y es conocido familiarmente

como Mrs. Ples, «señora Ples» (Ples es una abreviatura de *Plesianthropus*, el género que se le dio, aunque luego se ha visto que no era distinto de *Australopithecus*). Otro cráneo importante es Sts 71 (también encontrado en 1947); en 1989 se ha recuperado uno muy completo (Stw 505), aparentemente de un macho de la especie, que aún no se ha publicado en detalle. Del esqueleto postcraneal también se han recuperado muchas piezas, siendo las más conocidas los esqueletos Sts 14 (de 1947) y el recientemente hallado Stw 431. En realidad, estas canteras sudafricanas de piedra caliza son cuevas rellenas de fósiles y sedimento muy endurecido, formando una durísima brecha que hace muy difícil la extracción de los fósiles.

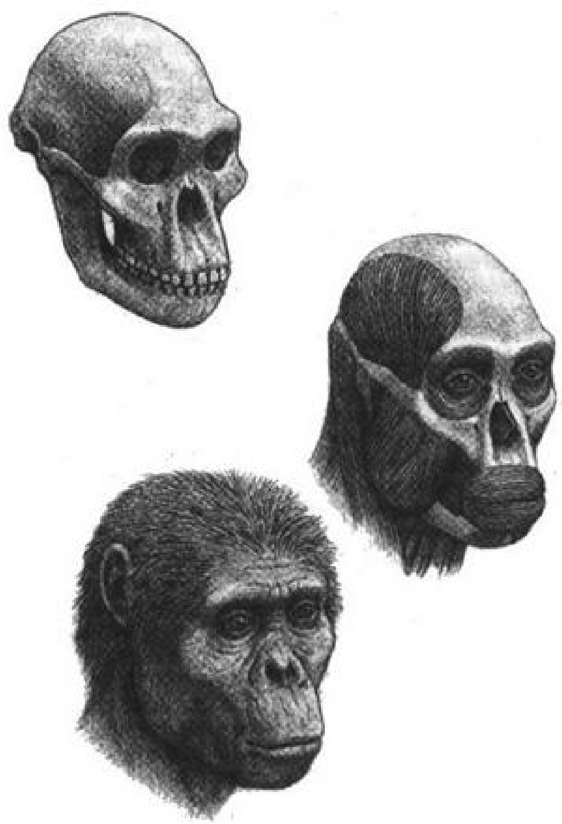


FIGURA 4.2. Hembra de Australopithecus africanus.

En la región de Sudáfrica donde se han encontrado todos estos fósiles no hay niveles de cenizas volcánicas que permitan una datación de los fósiles por métodos radiométricos. Hay que recurrir a la evolución de los animales que acompañan a los homínidos. Por este método se ha establecido que la especie *Australopithecus*

africanus vivió en Sudáfrica hace entre 3 y 2. m.a. El yacimiento de Makapansgat parece el más antiguo, y sus fósiles estarían cronológicamente muy cerca de los últimos fósiles del *Australopithecus afarensis*. Los homínidos de Sterkfontein pueden rondar los 2,5 m.a., siendo el Niño de Taung el más reciente representante de la especie.

El tipo de medio ambiente del que proceden los australopitecos de Sterkfontein se interpreta como forestal, aunque no de tipo húmedo, sino más bien un bosque o matorral seco con espacios abiertos. Es decir, un mosaico de ecosistemas.

7. Señas de identidad

Los rasgos distintivos de nuestra especie son un cerebro muy desarrollado en volumen, una capacidad única para fabricar instrumentos variados en muy diversos materiales, un lenguaje articulado, una infancia prolongada, que supone un largo período de aprendizaje, y un modo de caminar bípedo (así como una sexualidad muy original de la que también nos ocuparemos). Las características de gran volumen cerebral, desarrollo lento y capacidad para utilizar o adaptar objetos naturales como instrumentos también se encuentran en nuestros más próximos parientes los chimpancés, gorilas y orangutanes. Por supuesto que en un grado muy inferior de desarrollo, pero comparativamente mayor que en los demás animales. Estos rasgos, más la capacidad para el lenguaje, pueden agruparse bajo la etiqueta de algo que entendemos de manera intuitiva, pero es imposible de definir o medir, y llamamos *inteligencia* o *psiquismo*. La locomoción es otra cosa, y desde Darwin la ciencia se pregunta si la expansión del psiquismo precedió a la postura erguida, si fue al revés, o si ambas evolucionaron a la vez. Que es lo mismo que preguntarse cuál fue el impulso inicial de nuestra historia evolutiva o, en otras palabras, qué nos hizo humanos.

La película *2001. Una odisea espacial*, fruto de la imaginación de Stanley Kubrick y Arthur Clark, que tuvo mucha trascendencia a partir de su estreno en 1968, daba una contestación muy en línea con lo que se pensaba en algunos círculos científicos de la época. En las imágenes aparecen unos monos que pueden reconocerse como hominoideos. Su modo de andar no es bípedo, y su escenario es una sabana, se supone que africana, muy árida, más bien un desierto. Estos animales se refugian

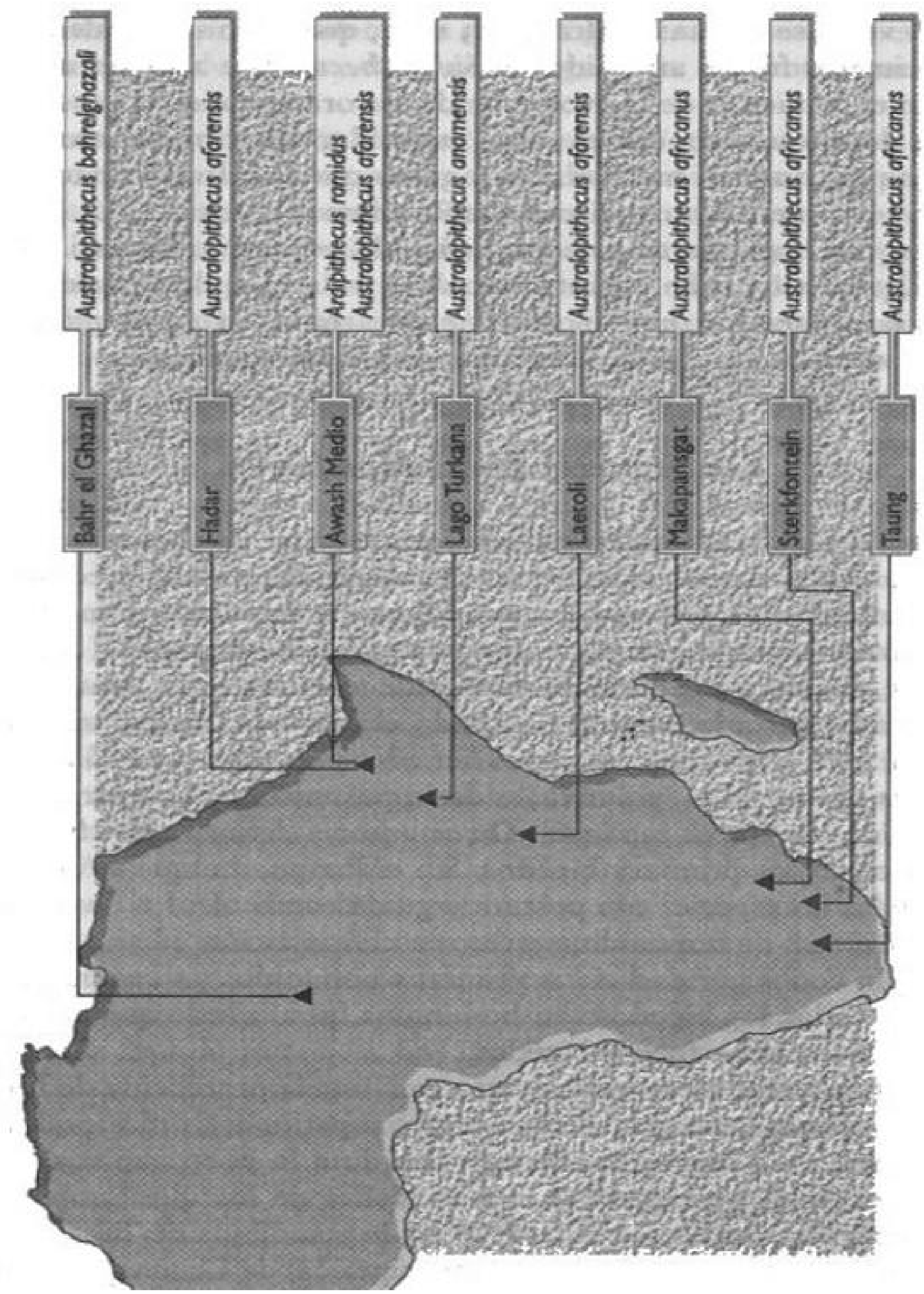
por la noche en cuevas por temor al leopardo, y se disputan un charco de agua con un grupo rival de monos. Es decir, que no presentan todavía ninguna de nuestras señas de identidad.

De pronto se encuentran ante un monolito de origen extraterrestre, que tocan. Entonces surge la chispa que pone en marcha la evolución humana: se les ocurre una idea. Esta idea es la de utilizar el hueso de un animal como instrumento. ¿Para qué? Para matar, en una orgía de sangre, primero a un animal y luego a sus enemigos del grupo rival. En otras palabras, nuestros antepasados descubrieron la tecnología y se hicieron a la vez carnívoros y asesinos de sus congéneres.

La idea de que los primeros homínidos eran cazadores o, expresado más crudamente, «monos asesinos», fue desarrollada durante los años cincuenta por Dart. Para este autor, los australopitecos eran cazadores y caníbales, y, lo que es más importante, nosotros hemos heredado la pesada carga de esos violentos instintos, al tiempo que hemos perfeccionado sus armas. Porque los australopitecos, según Dart, no tenían instrumentos de piedra tallada, sino que se valían de armas hechas con huesos, dientes y cuernos de animales, una industria que este autor denominaba «osteo-donto-querática», en referencia a estos tres tipos de materiales. El instinto cazador y el gusto por la carne habrían llevado a los primeros homínidos a abandonar los árboles y fabricar sus primeras armas, afinando su inteligencia y favoreciendo además la adquisición de la postura erguida, seguramente más propia de un guerrero que el trote cuadrúpedo. Hagamos notar de paso que históricamente ha sido un tópico frecuente en las reflexiones sobre la evolución humana que la inteligencia se desarrolla al enfrentarse a nuevos desafíos, como la sabana primero y los climas fríos de Eurasia más tarde, mientras que se estanca entre los que optan por la «comodidad» de la selva y sus abundantes frutos, o por el cálido continente africano.

Aunque esta interpretación de Dart sobre nuestros orígenes no fue admitida por todo el mundo, tampoco estuvo solo. En un famoso libro titulado *Man-apes or Ape-men. The Story of Discoveries in Africa* (*Hombres-mono o Monos-humanos. La historia de los descubrimientos en África*), publicado en 1967, *sir* Wilfrid Le Gros Clark (1895-1971) consideraba que los australopitecos eran criaturas demasiado indefensas, con sus pequeños caninos, como para sobrevivir sin armas, fueran de

piedra, hueso, cuerno o diente. Para Le Gros Clark, estos homínidos eran cazadores y carroñeros arrojados a un medio hostil; sin embargo, al ser bípedos disponían de sus manos para la manipulación de utensilios, que fue el estímulo para el desarrollo de la inteligencia.



MAPA 1. Localización de los principales yacimientos con fósiles de Australopithecus y Ardipithecus

Sir Wilfrid Le Gros Clark era una gran autoridad en el terreno de la evolución humana, y la persona que, después de un viaje a Sudáfrica en 1947 para ver los fósiles originales, hizo cambiar la opinión adversa de la mayor parte de la comunidad científica sobre los australopitecos, que pasaron a ser admitidos como miembros primitivos de nuestra estirpe.

En resumidas cuentas, la hipótesis del cazador supone una forma algo sanguinaria de empezar la evolución humana, aunque es un comienzo después de todo. Pero ¿fue así como empezaron las cosas? ¿Somos «monos asesinos» y fabricantes de utensilios desde el principio, tal vez incluso antes de ser bípedos?

Para contestar a esta pregunta, en el siguiente capítulo nos ocuparemos de la locomoción de los australopitecos. Más adelante veremos otras formas de homínidos, los parántropos, y los primeros humanos, junto con los primeros utensilios de piedra, para después tratar los cambios evolutivos en la inteligencia, la alimentación, el crecimiento y la sociabilidad.

Capítulo 5
El chimpancé bípedo

Además, si los individuos de los que hablo, movidos por la necesidad de dominar y a la vez de ver a lo lejos y cómodamente, se esforzaran por mantenerse de pie y tomaran constantemente ese hábito de generación en generación, no cabe de duda de que sus pies tomarían insensiblemente una conformación propia para mantenerlos en una actitud erguida.

JEAN-BAPTISTE DE LAMARCK, *Filosofía zoológica*

Contenido:

1. El gran paso

El ser humano no es el único mamífero capaz de andar sobre sus extremidades posteriores. Ya se ha comentado en otro lugar que los monos antropomorfos tienen el hábito de mantener vertical el tronco cuando se mueven por los árboles colgando de sus brazos o simplemente cuando se sientan.

Pero mantener derecho el tronco es sólo la mitad de lo que hace falta para conseguir la postura erguida y caminar de pie. La otra mitad consiste en alinear las piernas con el tronco, es decir, estirar todo el cuerpo. Los grandes antropomorfos andan a veces sobre sus piernas pero, aunque levantan casi verticalmente su

tronco, mantienen flexionadas las articulaciones de la cadera y de la rodilla, igual que cuando se desplazan como cuadrúpedos. Sólo los humanos somos capaces de dar pasos firmes, sin grandes movimientos del tronco, y largas zancadas al andar, extendiendo las piernas muy por detrás de la cadera; los demás mamíferos dan sólo vacilantes pasitos, con grandes oscilaciones del tronco.

La razón de una diferencia tan importante se encuentra, en parte, en la cadera.

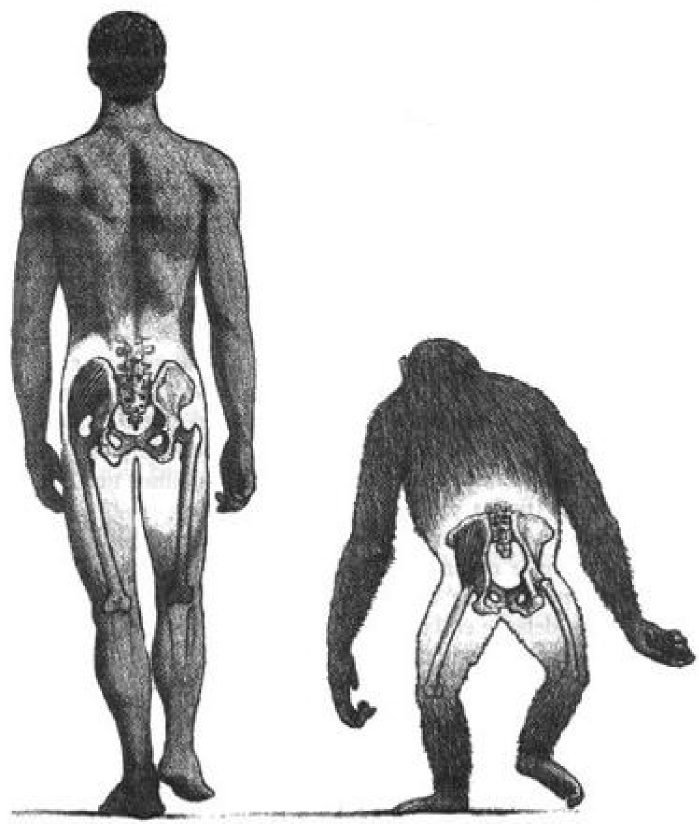


FIGURA 5.1. Disposición del músculo glúteo medio en el humano y el chimpancé. En el humano, la orientación de las fibras es lateral, y por eso el músculo actúa como abductor, equilibrando la cadera al adelantar el pie contrario. En el chimpancé, la orientación de las fibras es posterior, por lo que el músculo actúa como extensor de la articulación de la cadera con el fémur.

Cuando estamos parados de pie, más o menos en la posición de firmes, el cuerpo se mantiene estable y la cadera horizontal. Sin embargo, en el momento en que cualquiera de nosotros adelanta una pierna para dar una zancada, el peso del

cuerpo hace que la cadera tienda a inclinarse sobre el lado no apoyado del cuerpo, amenazando con la caída del caminante. Pero esto no sucede porque el hombre tiene unos músculos llamados abductores que estabilizan la cadera e impiden que se venza demasiado hacia el lado que está en el aire (figura 5.1).

En cambio, los chimpancés, por ejemplo, carecen del mecanismo estabilizador de la cadera, y para evitar la caída lateral tienen que hacer grandes desplazamientos de todo el tronco hacia el lado de apoyo, con lo que su andar es muy oscilante y poco práctico. Cuando se ponen de pie, los chimpancés marchan de forma parecida a los enfermos humanos que tienen parálisis de sus músculos abductores. Cabe entonces preguntarse, ¿es que los mamíferos no humanos carecen de músculos abductores de la cadera?, y ¿cuándo y cómo aparecieron tales músculos en la evolución humana?

Pese a que sólo los huesos fosilizan, y nunca lo hace la carne, es posible para el paleontólogo estudiar la función de unos músculos de los que no se conserva nada. De ello se ocupa la paleobiomecánica, una rama de la paleomorfología funcional que aplica los principios de la mecánica a las palancas corporales para reconstruir los movimientos que eran capaces de hacer los seres del pasado. La ausencia de los músculos en los fósiles no es una pérdida irreparable, porque en realidad no hay músculos especializados en la abducción, ni en la adducción (el movimiento contrario), ni en la flexión, ni en la extensión (lo contrario de la flexión), ni tampoco en la rotación.

Los músculos se limitan a contraerse cuando reciben un impulso nervioso. Y punto. El efecto que su contracción produce en la mecánica corporal dependerá exclusivamente de la línea de acción del músculo. Y para establecer la línea de acción de un músculo basta conocer sus dos puntos de contacto con el esqueleto, llamados origen e inserción. Por supuesto, el movimiento final puede ser el resultante de la actividad de varios músculos que producen la misma acción (músculos sinérgicos) o acciones distintas e incluso contrapuestas (músculos antagonistas). Pero en definitiva, la capacidad de movimientos de un organismo puede establecerse en su complejidad si se conocen las líneas de acción de todos los músculos.

En nuestra especie los dos músculos abductores de la cadera son el glúteo menor y, sobre todo, el glúteo medio. El glúteo mayor, que forma la mayor parte de la masa muscular de las nalgas, es un músculo extensor de la articulación de la cadera con el fémur (naturalmente hay uno a cada lado, como en todos los demás músculos pares). Su acción consiste en alinear el tronco con las piernas. En una persona que está de pie el glúteo mayor endereza el tronco. Se puede decir que en los humanos los músculos extensores de la cadera son estabilizadores de la misma, pero no en sentido transversal como los abductores, sino en sentido anteroposterior (de delante hacia atrás).

Entre nosotros el glúteo mayor no interviene en la marcha normal sobre una superficie plana, pero entra en acción cuando corremos, saltamos y subimos una cuesta o una escalera (figura 5.2).

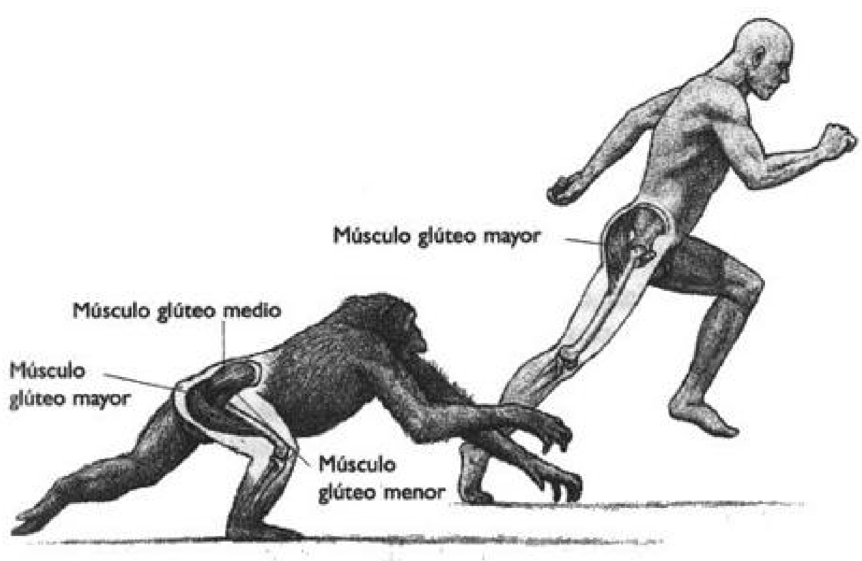


FIGURA 5.2. Músculos extensores en el chimpancé y el humano. En el chimpancé, los tres glúteos actúan como extensores de la articulación de la cadera con el fémur. En el humano sólo lo hace el glúteo mayor.

En un cuadrúpedo, los extensores de la articulación de la cadera con el fémur realizan el importante trabajo de extender alternativamente las dos extremidades posteriores e impulsar el cuerpo hacia delante en la locomoción a cuatro patas; los atletas en las pruebas de velocidad realizan esa misma extensión cuando se

impulsan desde los tacos de salida, donde se sitúan en una posición cuadrúpeda inicial, con la articulación de la cadera muy flexionada, para pasar de inmediato a la posición bípeda.

En los antropomorfos, como en el resto de los mamíferos, la función de los glúteos medio y menor es diferente que entre nosotros porque su línea de acción es distinta. En los chimpancés y gorilas los tres glúteos (mayor, medio y menor) actúan como extensores de la cadera y ninguno lo hace como abductor, con lo que no es posible la locomoción bípeda habitual, pero se favorece la cuadrúpeda.

Ya hemos dicho que lo que determina la función de un músculo es su línea de acción. ¿Qué hace que ésta sea diferente en los humanos en el caso de los glúteos medio y menor? La respuesta, en pocas palabras, es la orientación de la región ósea en la que ambos se originan: el ala ilíaca de la pelvis.

La pelvis se compone de los dos huesos coxales, uno a cada lado, y del hueso sacro por detrás, formado a su vez por la fusión de las vértebras sacras (el sacro es, pues, parte de la columna vertebral y se continúa en el coxis); el hueso coxal es, en realidad, el resultado de la fusión durante la adolescencia de tres huesos: el ilion, que constituye la parte superior del coxal, el isquion, que forma la inferior y posterior, y el pubis, que representa la porción inferior y anterior; estos tres huesos se unen en el acetábulo, por donde se articula el coxal con la cabeza del fémur (figura 10.1).

De todas las partes del esqueleto postcraneal o esqueleto del cuerpo, es decir, excluido el cráneo y la mandíbula, es probable que ninguna distinga tanto a los humanos de los antropomorfos como la pelvis, obviamente como resultado de nuestro peculiar modo de locomoción, ya que la pelvis de los antropomorfos no difiere, en sustancia, de la de los demás mamíferos cuadrúpedos.

Veamos cuáles son las novedades principales en la revolucionaria arquitectura de la pelvis humana y qué significado biomecánico tienen.

El peso del tronco se transmite en los cuadrúpedos por las cuatro extremidades, pero en los humanos, al ser bípedos, lo hace por la columna vertebral hasta el sacro y de ahí por los coxales hasta las cabezas de los dos fémures, por donde continúa transmitiéndose hasta los pies; cuando caminamos, durante las fases en las que sólo tenemos apoyado un pie, casi todo el peso del cuerpo se transmite por un solo

coxal (el del lado soportado). Para reducir la tensión a la que se ve sometida la barra ósea que va desde la articulación entre el sacro y el coxal a la articulación entre el coxal y el fémur, ambas articulaciones se han aproximado mucho respecto de la situación que encontramos en los chimpancés y demás cuadrúpedos. Esta mejora biomecánica de la pelvis tiene, como veremos en otro apartado, un efecto secundario indeseado: complica mucho las cosas a la hora del parto, porque reduce el espacio del conducto óseo por el que tiene que pasar el feto a término para nacer.

Los tres músculos glúteos se originan en el ala ilíaca y se insertan en el fémur. El ala ilíaca representa la mayor parte del hueso ilíaco o ilion y es una lámina ósea alta y estrecha en los antropomorfos. En los humanos es proporcionalmente más corta, por el ya mencionado acercamiento entre las articulaciones del coxal con la columna vertebral y con el fémur, pero sobre todo es relativamente mucho más ancha.

La otra gran novedad del ala ilíaca humana es su orientación (figura 10.1). En los cuadrúpedos la cara donde se originan los músculos glúteos mira completamente hacia atrás. Como resultado de esta orientación, la contracción de los músculos glúteos sólo puede producir la extensión de la articulación de la cadera, porque su línea de acción es posterior; es decir, que si las piernas están fijas atraen la cadera hacia atrás y si es la cadera la que está fija tira de las piernas hacia atrás.

Sin embargo, en los humanos la orientación del ala ilíaca ha cambiado de forma radical, de modo que la superficie de origen de los glúteos medio y menor mira hacia un lado en lugar de hacia detrás. El resultado biomecánico es que la contracción de los dos músculos, al tirar lateralmente de la cadera, produce el efecto de abducción que hace posible la marcha bípeda al equilibrar el tronco en cada zancada; por otro lado, el glúteo mayor, al originarse en la parte más posterior del ilion y en el sacro, continúa actuando en los humanos como extensor, porque su línea de acción es posterior y no lateral.

Uno de los grandes problemas en biología evolutiva es el de cómo se producen las grandes transformaciones anatómicas que dan lugar a organismos radicalmente diferentes de sus antepasados. Un primate bípedo es algo revolucionario y no representa tan sólo una ligera variante respecto de otros tipos de hominoideos. Hay que descartar que todo el esqueleto se modificara drásticamente de una única vez

y, por otro lado, no es fácil imaginar cómo se puede pasar de un cuadrúpedo a un bípedo poco a poco. Una hipótesis interesante es la de que la modificación inicial que hizo posible un principio de locomoción bípeda afectó a la orientación del ala ilíaca.

Un simple cambio en ésta, que pasaría a mirar más lateralmente, proporcionaría una cierta capacidad de abducción, que es una de las bases para la bipedestación. Si caminar a dos patas aumentó las posibilidades de sobrevivir y reproducirse, nuevas modificaciones se irían seleccionando posteriormente hasta llegar a afectar a todo el esqueleto.

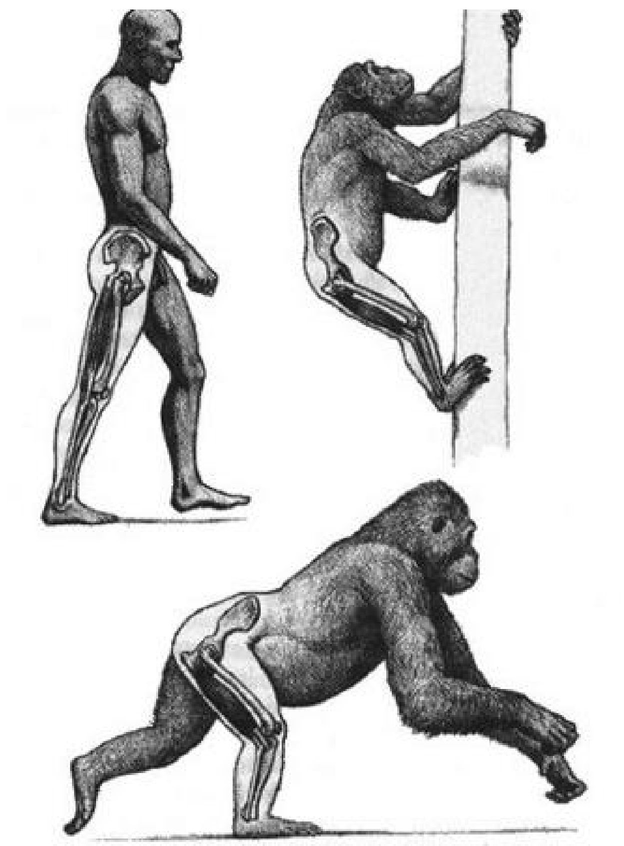


FIGURA 5.3. Músculos isquiotibiales en el humano, chimpancé y gorila. Estos músculos son el bíceps femoral, el semimembranoso y el semitendinoso y forman la masa muscular de la cara posterior del muslo; son conocidos en conjunto como isquiotibiales porque van hasta la tibia (y peroné) desde el extremo inferior del isquion o tuberosidad isquiática (que es el lugar sobre el que nos sentamos). En todos los casos actúan como extensores de la articulación de la cadera con el fémur.

No queremos agotar al lector con más explicaciones biomecánicas, por más que ésta es una disciplina apasionante que permite al paleontólogo convertirse por un momento en demiurgo y decirle a un esqueleto fósil: ¡levántate y anda! Sólo un último detalle sobre la pelvis. En los humanos la capacidad de extensión de la cadera, que es muy útil para trepar por los árboles o para caminar como un cuadrúpedo por el suelo, está reducida también en los músculos llamados isquiotibiales, que se originan en la parte inferior de la pelvis (figura 5.3).

Vayamos ahora a los fósiles. Hasta aquí hemos hecho un ejercicio de anatomía comparada, que es el mejor punto de partida para el análisis paleontológico. Se dispone de una pequeña muestra de caderas fósiles de australopitecos. Las más completas son las de Lucy, que conserva el sacro y todo el coxal izquierdo, y las de dos esqueletos de Sterkfontein, Sts 14 y Stw 431 (esta última bastante fragmentaria y todavía no estudiada).

Aunque tienen ciertas peculiaridades, su morfología es plenamente humana y no se parecen en nada a las de los antropomorfos. El ilion es corto y ancho (abducción favorecida), y el isquion corto (capacidad de extensión reducida).

Además, el sacro de estas pelvis es proporcionalmente ancho, y no estrecho como en los antropomorfos. Existen algunas discrepancias entre autores respecto de la orientación exacta del ala ilíaca, que tiene que ser reconstruida en Sts 14 y en Lucy porque ambos ejemplares están deformados por aplastamiento en el yacimiento; según ciertos autores, el ala ilíaca de estos fósiles miraría menos al lateral y más hacia detrás que en el hombre moderno, pero todos los investigadores reconocen a los australopitecos la capacidad de abducción de la cadera que hace posible andar sobre las piernas.

Hay otros signos en el esqueleto de que los australopitecos eran ya bípedos. En un humano en posición de firmes las diáfisis (es decir, las cañas o ejes principales) de los fémures se dirigen oblicuamente desde las caderas hasta las rodillas, que están muy juntas (figura 5.1). Si las rodillas y los pies, que se sitúan en vertical debajo de ellas, estuvieran muy separados, el centro de gravedad tendría que desplazarse mucho hacia el lado apoyado del cuerpo en cada paso, y la locomoción sería menos eficaz y más costosa en términos energéticos. Esta morfología moderna del fémur es la que se encuentra entre los australopitecos. En cambio, en los chimpancés, por

ejemplo, no hay tal inclinación de los fémures hacia bajo y hacia dentro (los cuadrúpedos no juntan las rodillas por debajo de la panza, ellos no tienen problemas de equilibrio al andar); eso, unido a la ausencia de abductores, hace que en cada paso tengan que volcar ostensiblemente el tronco sobre el lado soportado del cuerpo, para que el centro de gravedad no se proyecte fuera del pie de apoyo, con lo que su andar resulta muy poco eficaz y escasamente económico, porque exige grandes movimientos del cuerpo sin apenas avance en distancia.

Otro rasgo clásico que permite atribuir a los australopitecos una locomoción bípeda es la posición del *foramen magnum*, el orificio de la base del cráneo por donde sale la médula espinal.

En nuestra especie el *foramen magnum* se dirige hacia bajo porque la columna vertebral se dispone verticalmente al andar; eso no quiere decir que la columna vertebral forme una línea recta, sino que en los humanos (como quizá también en los australopitecos) está muy recurvada, con una curvatura cervical y otra lumbar dirigidas hacia delante y una curvatura dorsal hacia atrás (figura 5.4).

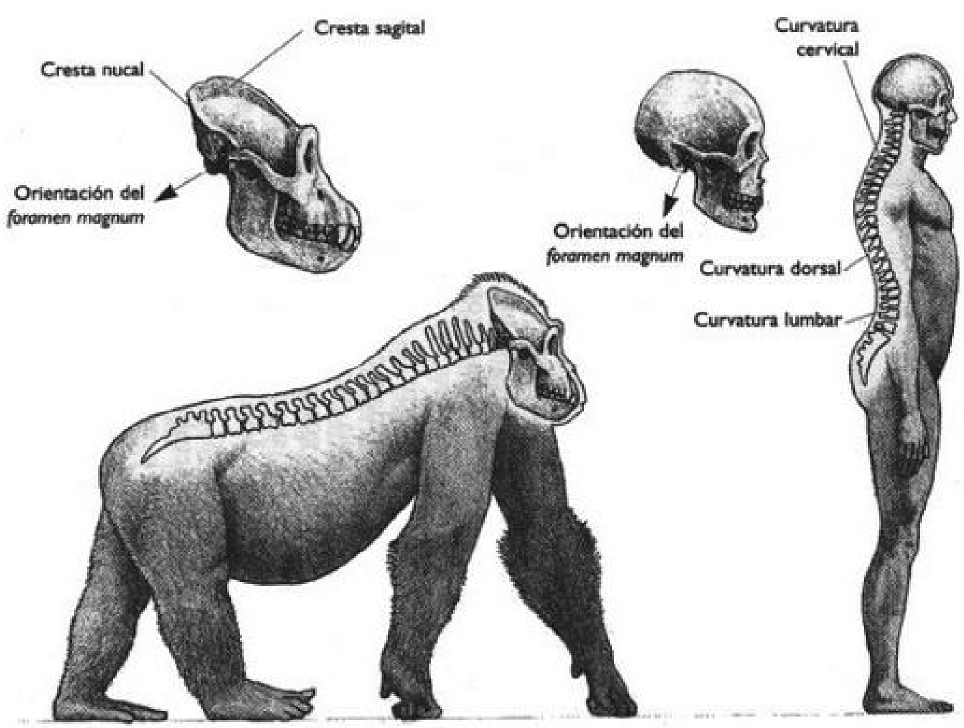


FIGURA 5.4. Curvaturas de la columna vertebral y orientación del foramen magnum en gorilas y humanos.

En los antropomorfos el *foramen magnum* está situado en una posición más trasera en la base del cráneo y se orienta más hacia atrás, porque la cabeza se sitúa al extremo de una columna vertebral dispuesta diagonalmente en la marcha cuadrúpeda (y que no tiene curvaturas cervical y lumbar). También el plano nucal, es decir, la parte del hueso occipital donde se originan los músculos de la nuca que mantienen la cabeza en posición, es más amplio y se orienta más hacia atrás en los antropomorfos que en los humanos. En el *Australopithecus afarensis* parece darse una situación intermedia en todos estos rasgos, por lo que algunos autores reconstruyen el cuello de esta especie más inclinado que el nuestro, aunque más vertical que el de los chimpancés.

Sin embargo, no todos los expertos están de acuerdo acerca de qué tipo de locomoción bípeda sería la de los australopitecos. Algunos, entre los que nos contamos, opinan que no diferiría en sustancia de la nuestra y otros creen que sería menos «perfecta». La discusión podría haberse eternizado si el equipo dirigido por Mary Leakey (1913-1996) no hubiera realizado en 1978 y 1979 un descubrimiento totalmente inesperado: unos rastros de varios metros formados por las huellas de pisadas dejadas por tres homínidos que caminaron hace unos 3,5 m.a. por un lugar de lo que hoy es Tanzania.

2. Las huellas de Laetoli

El yacimiento de Laetoli se encuentra no lejos del famoso Parque Nacional del Serengueti. En una de sus erupciones, un volcán próximo, el volcán Sadiman, arrojó cenizas al aire y una lluvia las convirtió en barro, en el que se grabaron y fosilizaron las pisadas de muchos animales. Entre ellos estaban los homínidos mencionados. Hay dos rastros paralelos, pero el de la derecha en el sentido de la marcha parece corresponder a dos individuos; uno de ellos caminaría sobre las huellas del otro. El individuo de la izquierda es muy pequeño, quizás una hembra o una cría.

Las características de estas huellas son increíblemente modernas. No reflejan en absoluto un andar bípedo inseguro o «imperfecto», sino que traducen, hasta en los más mínimos detalles, un modo de caminar igual al nuestro. El pie de un chimpancé, gorila u orangután es muy diferente del pie humano. En realidad se

parece más a nuestra mano. Eso quiere decir que es plano, y el primer dedo (el dedo gordo) no llega tan lejos como los demás, sino que es más corto y se puede separar lateralmente de ellos poniéndose en posición divergente al pisar (figura 5.5).



FIGURA 5.5. Huellas de pisadas de chimpancé (izquierda), humana actual (centro), y homínido de Laetoli (derecha).

En las huellas de Laetoli es posible estudiar el tipo de locomoción de los homínidos que las produjeron. Si el lector es tan afortunado que tiene una playa cerca podrá comparar estas huellas fósiles con las suyas y apreciar su extraordinaria semejanza. En cada paso de los homínidos de Laetoli, el pie adelantado se apoyaba primero sobre el talón, que dejó una profunda impresión sobre el suelo blando. Luego el peso del cuerpo se transmitía también por el arco o bóveda plantar. A partir de este momento, el pie se flexionaba sobre los dedos, que daban un impulso final para despegar el pie del suelo y lanzar la pierna hacia delante. Como en los humanos actuales, el dedo gordo tenía una participación fundamental en esta última fase (siendo el último en separarse del suelo), y por eso se agrupaba delante con los demás dedos y estaba en línea con ellos (figura 5.5).

En el yacimiento de Laetoli se han encontrado fósiles de *Australopithecus afarensis* de la misma antigüedad que las pisadas, y, por tanto, en principio sólo cabe suponer que las produjeran tres individuos de esta especie de homínido.

Sin embargo, aquellos investigadores, como Brigitte Senut, Randall Susman, Jack Stern, William Jungers, Russell Tuttle o Peter Schmid, que a partir del análisis de los huesos fósiles han llegado a la conclusión de que individuos como Lucy no podían tener un tipo de locomoción bípeda tan parecida a la nuestra, no se dan por vencidos con la evidencia que aportan las huellas de Laetoli. La explicación que encuentran es que hace 3,5 m.a. había dos tipos de homínidos radicalmente distintos en el este de África. Por un lado estarían los homínidos del tipo de Lucy, que tendrían una locomoción bípeda no tan conseguida como la humana y pasarían gran parte del tiempo en los árboles, donde se sentirían más a su gusto; estos homínidos serían parientes próximos, pero no antepasados nuestros. Por otro lado existirían otros enigmáticos homínidos, nuestros antepasados directos, con una locomoción bípeda moderna, y que serían los responsables de las pisadas de Laetoli. Ya hemos comentado en otro apartado de este libro cuál es nuestra posición a este respecto.

Para nosotros, como para muchos otros autores, entre los fósiles de Laetoli, en Tanzania, y de Hadar, en Etiopía, sólo está representada una especie, *Australopithecus afarensis*, que tendría una gran variabilidad de tamaño, pero un único tipo de locomoción. Mientras no aparezcan nuevos fósiles que demuestren lo contrario, estos australopitecos son los únicos candidatos a ser los autores de las huellas de Laetoli. O dicho de otro modo, Lucy caminaba como nosotros.

3. El misterio de los misterios de la evolución humana

Una vez discutido el origen de uno de nuestros principales rasgos diferenciadores, la postura erguida, sólo falta responder a una pregunta elemental e inevitable: ¿para qué sirve? Tradicionalmente se contestaba que andar sobre las piernas era una adaptación a la sabana, para mirar sobre las altas hierbas o algo por el estilo. Sin embargo, aquí hay un error de concepto. Los animales no están adaptados a los ambientes, como la sabana, el bosque o el mar, sino a los nichos ecológicos, es decir, a los papeles que las especies juegan en los ecosistemas, que pueden ser muy variados. En otras palabras, en la sabana actual se ven muchas especies y ninguna es bípeda, salvo la nuestra. Es decir, lo que hay que preguntarse es qué clase de nicho ecológico era el que ocupaban los primeros homínidos que se hicieron

bípedos. Por otro lado, ahora pensamos que los australopitecos eran más bien forestales que habitantes de los medios abiertos.

Antes de volver sobre esta cuestión merece la pena detenerse un poco para reivindicar la postura erguida, tradicionalmente denostada y considerada poco eficaz, una chapuza de la evolución, cuyos enormes inconvenientes tenían que estar compensados por alguna clase de poderosa ventaja. En general, se pensaba que la ventaja estribaba en que liberaba las manos de la locomoción y permitía la fabricación de instrumentos y el desarrollo del cerebro. Sin embargo, ya iremos viendo que todas esas cosas vinieron mucho después de que nos hiciéramos bípedos.

La bipedestación supone una reorganización muy completa del esqueleto, que ha sido conseguida con una notable perfección desde el punto de vista de la ingeniería. Nuestro cuerpo, como si fuera un mecano, está compuesto de numerosos segmentos articulados, cuyos centros de gravedad particulares están situados en el mismo plano que los ejes de las principales articulaciones entre los segmentos (caderas, hombros, codos, muñecas, rodillas, tobillos...), que es además el mismo plano que contiene el centro de gravedad de todo el cuerpo. Esto hace que nuestra postura de pie sea muy estable, y que mantenerla no suponga apenas esfuerzo. Sólo el centro de gravedad de la cabeza está algo adelantado respecto de su articulación con la primera vértebra cervical. Esta situación desfavorable tiene que ser compensada por los músculos nucales, que mantienen la cabeza levantada. Sin embargo, la reducción del esqueleto facial ha producido en el curso de la evolución humana una notable mejora de este problema, al retrasar el centro de gravedad de la cabeza.

Una forma de apreciar la eficacia biomecánica de un tipo de locomoción es seguir la trayectoria del centro de gravedad del cuerpo. En nuestro caso, éste se sitúa delante de la segunda vértebra sacra, más o menos a la altura del ombligo. Si miramos a una persona andar desde un lado, podremos apreciar ligeras subidas y bajadas de la cabeza, que se corresponden con elevaciones y depresiones del centro de gravedad. Mirándolo de frente, la cabeza del caminante se inclina un poco hacia el lado apoyado en cada paso.

Cuanto más recta sea la trayectoria del centro de gravedad, más económica, en consumo de energía, será la marcha. Si el centro de gravedad describe una trayectoria muy sinuosa, con marcadas subidas y bajadas y grandes desplazamientos laterales, la locomoción resultará poco eficaz y despilfarradora de energía. Esto es lo que les sucede a los chimpancés cuando caminan sobre sus piernas. En cambio, en los humanos el centro de gravedad del cuerpo describe al andar casi una recta.

Así pues, en términos físicos nuestra manera de caminar no está menos conseguida que la de los cuadrúpedos, aunque desde luego es menos rápida en cortas distancias. En cambio, nuestra resistencia es notable, y superior a la de muchos cuadrúpedos, a la hora de realizar desplazamientos largos en tiempo y en distancia, tanto corriendo como andando. Por otro lado, el tipo de locomoción de chimpancés y gorilas, apoyando las falanges intermedias de las manos, tampoco puede considerarse un prodigio de adaptación a la vida terrestre; más bien parece una solución de compromiso ante la necesidad de moverse por los árboles y también sobre el suelo.

Los gorilas habrían luego abandonado en gran medida la vida arborícola al hacerse muy pesados.

Peter Wheeler ha encontrado otra ventaja a la verticalización del cuerpo, esta vez en relación con la regulación de la temperatura corporal. Un individuo puesto de pie recibe menos radiación solar, sobre todo cuando el sol está en lo alto, que un cuadrúpedo. Además, al separar el cuerpo del suelo se aleja de un foco de calor y se beneficia de las brisas para refrescar el cuerpo.

Combinando este aspecto con el anterior, podríamos concluir que la locomoción bípeda es quizá la mejor solución para un homínido que se ve obligado a recorrer largas distancias, expuesto a la radiación solar. Los primeros homínidos bípedos no eran habitantes de la sabana, pero de todos modos podrían tener que moverse entre manchas de vegetación separadas por extensiones abiertas.

Un beneficio indiscutible de la marcha bípeda es la capacidad de transportar cosas en las manos y brazos, ya sean alimentos o, por ejemplo, crías. En este aspecto los cuadrúpedos están en clara desventaja con respecto a nosotros. En el capítulo sobre la biología social de los primeros homínidos volveremos a tocar esta capacidad de

acarreo, porque en parte se basa en ella una explicación que se ha propuesto para el origen de la bipedestación. Sin adelantarnos a ese capítulo, podemos ya anticipar que tal explicación tiene tantos problemas desde el punto de vista de lo que intuimos de la biología social de los primeros homínidos, que todavía hoy puede seguir considerándose el significado de la adquisición de nuestro peculiar modo de locomoción como uno de los mayores problemas con los que se enfrenta la paleontología humana, si no el mayor.

4. Retrato de cuerpo entero de un australopiteco

Lucy era un individuo muy pequeño. Medía unos 105 cm y su peso no sobrepasaría los 30 kg. No es, sin embargo, un caso excepcional en su especie. Sin ir más lejos, los primeros fósiles que Donald Johanson descubrió en 1973, consistentes en la articulación de la rodilla (o sea, la extremidad inferior del fémur y la superior de la tibia), corresponden a un individuo de la misma talla que Lucy, como lo son algunos de los homínidos de la localidad 333 (como se recordará este conjunto de fósiles fue bautizado como la Primera Familia). Otros fósiles son más grandes y corresponden a ejemplares que medían en torno a 135 cm y pesaban unos 45 kg. Se piensa que los individuos pequeños, como Lucy, eran hembras y los individuos grandes, machos. En el *Australopithecus africanus* tal vez los promedios masculino y femenino estaban algo más próximos, pero en todo caso los australopitecos eran homínidos pequeños, cercanos en tamaño a los chimpancés.

Además de ser diminuta, Lucy tenía unas proporciones de los miembros diferentes de las nuestras, incluso de poblaciones modernas de tamaño muy pequeño, como en el caso de los pigmeos. El rasgo que más destaca en el esqueleto postcraneal de Lucy es lo cortas que eran las piernas (figura 5.6). El cociente entre la longitud del húmero y la del fémur (que expresa la proporción entre brazos y piernas) es de un 85%, claramente superior al humano, en torno al 71%, y netamente inferior al cociente de orangutanes, 129%, y gorilas, 118%, pero no tan alejado de chimpancés comunes, 102%, y bonobos, 98%. Los chimpancés tienen los antebrazos relativamente más largos que nosotros; la proporción entre el cubito y el húmero es en los humanos del orden del 80%, mientras que en el chimpancé se

sitúa en torno al 95% (en los orangutanes y gibones es aún mayor); en Lucy el cociente se estima en alrededor del 92,5%.

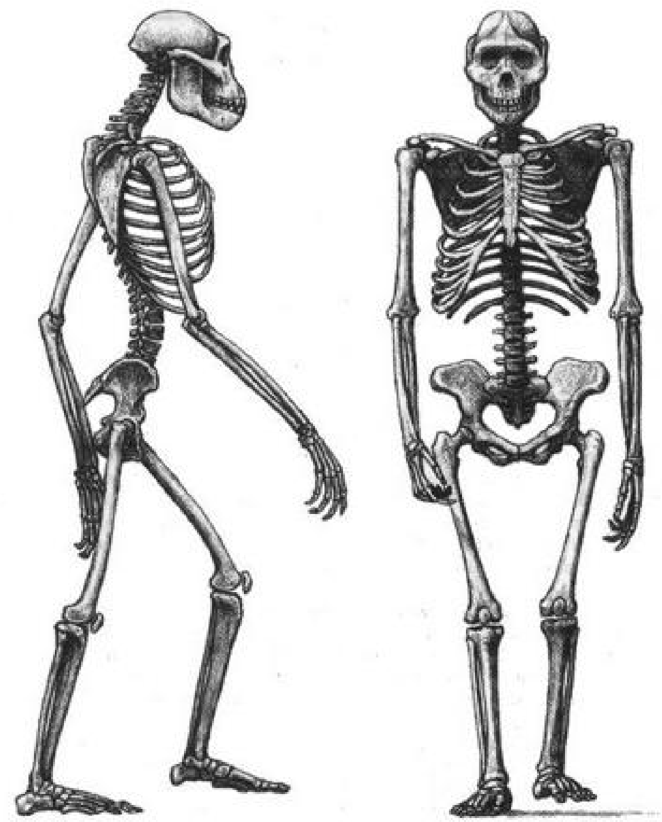


FIGURA 5.6. (Izquierda) Vista lateral del esqueleto de un esqueleto de un macho de Australopithecus afarensis. FIGURA 5.7. (Derecha) Vista frontal del macho de Australopithecus afarensis. Se ha reconstruido la caja torácica con forma de embudo, como en los antropomorfos

Estas proporciones sugieren que los australopitecos todavía mantenían algunas de las aptitudes ancestrales para trepar por los árboles. Además, las falanges de los dedos de las manos y sobre todo de los pies del *Australopithecus afarensis* están curvadas, asemejándose a las de los chimpancés más que ningún otro homínido; esta curvatura de las falanges está relacionada con la capacidad para asirse a las ramas de los árboles y moverse por ellos. Todo esto, unido a que se les atribuye un hábitat forestal más o menos cerrado, hace que se piense que además de poder caminar como bípedos, los australopitecos todavía se subían a los árboles para

alimentarse, escapar de los depredadores o dormir. Los chimpancés construyen con ramas y hojas una especie de nidos individuales en las copas de los árboles para pasar la noche. Los gorilas también lo hacen, aunque, dado su peso, en el suelo. No sería extraño que los australopitecos todavía conservaran esta forma de dormir en los árboles (figura 11.2).

Pese a la extraordinaria información que nos aportan Lucy y otros fósiles, aún hay muchos rasgos del retrato de cuerpo entero de un australopiteco que permanecen borrosos. Ya se ha comentado en otro capítulo que el segmento lumbar de la columna vertebral de los grandes antropomorfos se encuentra proporcionalmente abreviado. Eso hace que las últimas costillas estén muy próximas a la pelvis. Los grandes antropomorfos carecen por tanto del estrechamiento característico de nuestra cintura. Además, en chimpancés, gorilas y orangutanes la caja torácica se va abriendo hacia abajo, tomando una forma de cono (figura 2.4).

En los humanos, el segmento lumbar se ha hecho un poco más largo y como además el ilion se ha acortado mucho, tenemos una capacidad de rotación del tórax a ese nivel que nos es muy útil durante la locomoción bípeda, ya que, mientras que adelantamos la cadera por el lado del pie que avanza, los hombros giran en sentido contrario. Por otro lado, nuestra caja torácica tiene forma de tonel (figura 2.4).

En los australopitecos el acortamiento pronunciado del ilion lo separaría netamente de las últimas costillas (figura 5.7; figura 5.8; figura 5.9; figura 5.10). Además, había más vértebras lumbares (cinco o seis) que en los grandes antropomorfos (tres o cuatro). Por todo ello, la capacidad de giro de la cintura sería mayor. Sin embargo, la forma del tórax podría ser más bien parecida a la de los grandes antropomorfos.

Aún falta la cabeza para completar el retrato de cuerpo entero de un australopiteco. Si queremos imaginarnos a uno de estos pequeños homínidos bípedos lo mejor es ponerle la cabeza de un chimpancé o de una hembra de gorila. A partir de aquí hay que matizar un poco. El cráneo se divide en dos partes: un cráneo facial, el esqueleto de la cara, y un cráneo cerebral o neurocráneo, donde se encuentra encerrado el encéfalo (que incluye al cerebro).

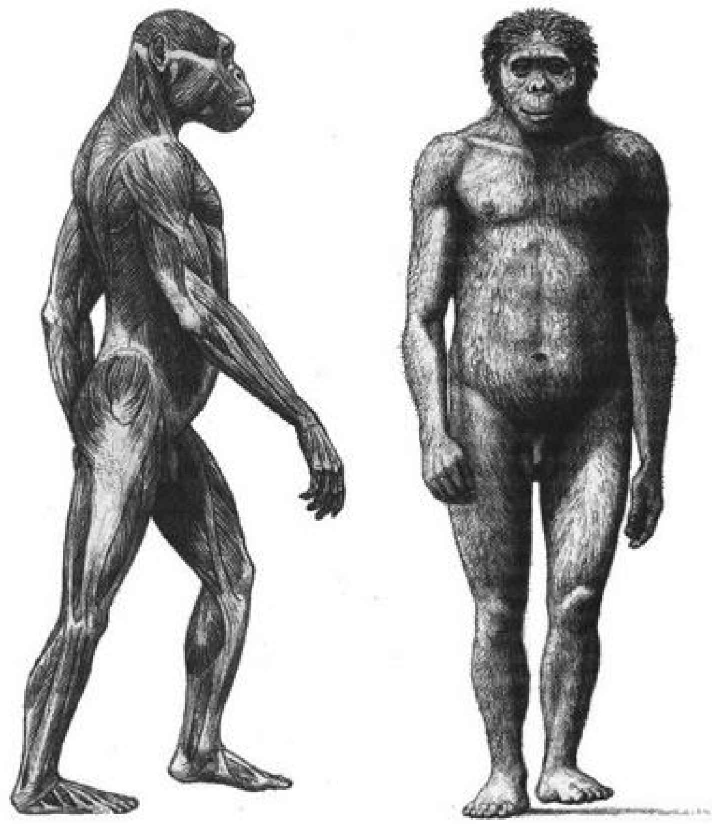


FIGURA 5.8. (Izquierda) Reconstrucción de la musculatura de un macho de Australopithecus afarensis. FIGURA 5.9. (Derecha) Aspecto de un macho de Australopithecus afarensis

El tamaño del encéfalo de los australopitecos no superaría apenas el de los chimpancés, y por tanto el neurocráneo no sería mucho mayor. Hay, sin embargo, algunas diferencias. Ya nos hemos referido a la posición del *foramen magnum*, que guarda relación con la postura y separa a los australopitecos de cualquier antropomorfo, aunque el cuello estuviera algo inclinado y la cabeza adelantada en los primeros homínidos (figura 5.6).

En los orangutanes y gorilas machos, el desarrollo de los músculos temporales (que intervienen en la masticación y de los que hablaremos en su momento) es tan grande que necesitan más superficie ósea en la que fijarse de la que pueden ofrecerle las paredes del neurocráneo, con lo que llega a formarse una cresta ósea en todo lo alto de la bóveda craneal, a lo largo de su plano medio o plano sagital (figura 5.4).

En su punto más retrasado, esta cresta sagital confluye con otra cresta, esta vez transversal, que limita por arriba el plano nucal y resulta de un desarrollo igualmente exagerado de los músculos nucales. Estas crestas y los músculos que se originan en ellas dan un aspecto apepinado a las cabezas de los gorilas machos, los viejos dorsicanos, como tal vez el lector haya apreciado. En los machos de los chimpancés no es frecuente que se formen las crestas sagitales y nucales, que, sin embargo, sí se encuentran, aunque débiles, en algunos ejemplares de *Australopithecus afarensis* que han sido considerados machos, como A.L. 444-2. (Figura 4.1). No está claro si los machos de *Australopithecus africanus* tenían crestas sagitales comparables. Otro rasgo diferenciador entre australopitecos y antropomorfos es el toro supraorbital.



FIGURA 5.10. Aspecto de una hembra de Australopithecus africanus.

Éste es un reborde óseo sobre las órbitas que está bien individualizado y separado por un surco del resto del hueso frontal en chimpancés y gorilas, hasta el punto de que puede observarse bien en el individuo vivo (figura 2.2). En los australopitecos no existe un toro como tal, es decir, el reborde óseo no está diferenciado superiormente por un surco (comparar las figuras 4.1 y 4.2 con la figura 7.3).

El esqueleto facial sería poco diferente en los australopitecos y en los chimpancés y gorilas. Es decir, los australopitecos tendrían una cara muy proyectada hacia delante, con mucho prognatismo como se dice técnicamente, en la que no sobresaldría el relieve de la nariz porque los huesos nasales no formaban un puente óseo o caballete.

Por supuesto que existen otros muchos rasgos diferenciadores que interesan al especialista, pero, en pocas palabras, la cabeza de un australopiteco tendría el aire general de la de un gran antropomorfo africano, del tipo gorila o chimpancé, aunque con sus peculiaridades, entre las que quizá destacaría por encima de otras la pequeñez de los caninos.

Capítulo 6
Los parántropos, homínidos de campo abierto

Gert había encontrado y guardado en el bolsillo posterior de su pantalón cuatro de los más maravillosos dientes jamás vistos en la historia del mundo.
ROBERT BROOM, *The South African Fossil Ape-Men*.

Contenido:

1. Origen y distribución del Paranthropus

Como ya hemos comentado en el capítulo dedicado al clima del pasado, hace cerca de 2,8 m.a. comenzaron a producirse en nuestro planeta marcadas oscilaciones climáticas asociadas a la extensión de los mantos de hielo en el hemisferio norte durante las épocas frías. Este cambio climático tuvo amplias consecuencias en la flora y fauna de las tierras del este de África cercanas al Ecuador, en donde las praderas herbáceas se extendieron a expensas de otros medios más arbolados. Las faunas de micromamíferos y bóvidos de esa época (especialmente de antílopes) documentan el reemplazamiento de formas típicas de medios forestales húmedos por otras más adaptadas a los ambientes abiertos y secos, que todavía hoy ocupan las sabanas.

A partir de estos datos, Elisabeth Vrba ha propuesto que esta crisis climática y ecológica pudo haber influido de forma decisiva en la historia evolutiva de los homínidos, contribuyendo a la desaparición del *Australopithecus africanus* (ligado aún a ambientes forestales) y propiciando la selección de nuevas formas adaptadas a la explotación de medios más abiertos: los primeros representantes de los géneros *Paranthropus* (los parántropos) y *Homo* (los humanos).

El vocablo *Paranthropus* significa literalmente «al lado del hombre» y fue acuñado por Robert Broom (1866-1951) en 1938 para nombrar a una serie de fósiles de homínidos encontrados por él mismo en el yacimiento sudafricano de Kromdraai. El término es muy afortunado puesto que *Homo* y *Paranthropus* se originaron en la misma época y convivieron durante cerca de 1,5 m.a. a lo largo de una vasta región que se extendía desde la actual Etiopía hasta el extremo meridional de África.

La opinión más extendida en la comunidad paleoantropológica es la de aceptar tres especies dentro del género *Paranthropus*. Dos de ellas son exclusivamente esteafricanas: *Paranthropus aethiopicus* (*aethiopicus* hace referencia a Etiopía, el país donde se hallaron los primeros restos de esta especie) y *Paranthropus boisei* (el término *boisei* es un homenaje a un mecenas inglés apellidado Boise); la tercera se conoce sólo en yacimientos del sur del continente: *Paranthropus robustus* (*robustus*: «robusto», en latín).

Aunque los primeros restos atribuidos al género *Paranthropus*, en concreto a *Paranthropus robustus*, aparecieron en Sudáfrica, los fósiles más antiguos han sido hallados a muchos miles de kilómetros de allí. En 1967, Camille Arambourg (1885-1969) e Yves Coppens dieron a conocer una mandíbula de homínido (Omo 18-1967-18) hallada en uno de los yacimientos del curso bajo del río Omo (cerca de su desembocadura en el lago Turkana), en Etiopía, y cuya antigüedad se estableció en cerca de 2,6 m.a. Este descubrimiento pasó casi desapercibido hasta que, en 1986, Richard Leakey y sus colaboradores publicaron el hallazgo de un extraordinario cráneo (WT 17000) perteneciente a la misma especie que la mandíbula hallada por Arambourg y Coppens dos décadas antes, y que procedía de uno de los yacimientos de la ribera occidental del lago Turkana.

Este fósil es uno de esos maravillosos «eslabones perdidos» que ocasionalmente los paleontólogos tienen la fortuna de encontrar, ya que documenta un estado evolutivo intermedio entre el *Australopithecus afarensis* y el *Paranthropus boisei*.

Con una antigüedad cercana a los 2,5 m.a., WT 17000 es el fósil más representativo de la especie *Paranthropus aethiopicus* (figura 6.1). Muchos de los rasgos que caracterizan la anatomía de los parántropos aún no están presentes en esta especie, y otros sólo lo están de modo incipiente. Los fósiles más modernos atribuidos al *Paranthropus aethiopicus* son una serie de restos craneales y

mandibulares procedentes de los yacimientos del río Omo, fechados hace alrededor de 2,3 m.a.

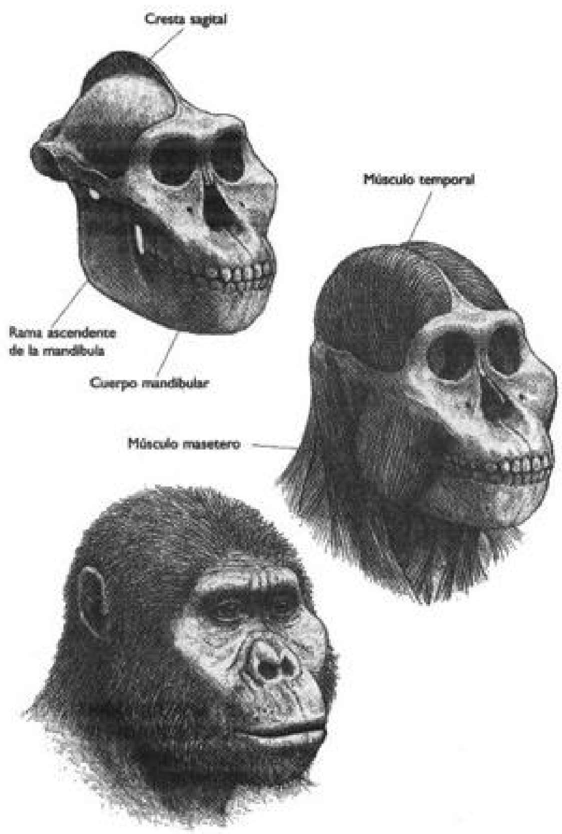


FIGURA 6.1. Macho de Paranthropus aethiopicus.

El primer fósil de *Paranthropus boisei* fue hallado en 1959 por Mary Leakey y Louis Leakey (1903-1972), los padres de Richard Leakey, en el barranco de Olduvai, Tanzania. Consiste en un cráneo casi completo que sus descubridores bautizaron como Dear Boy («Querido muchacho») por tratarse de un individuo juvenil. La antigüedad de este fósil (conocido por las siglas OH 5) ronda los 1,8 m.a. y sus descubridores lo atribuyeron a una nueva especie y género, *Zinjanthropus boisei*, aunque pronto se incluyó en el grupo de los parántropos.

En la actualidad, *Paranthropus boisei* es una especie bastante bien conocida (figura 6.2), cuyos fósiles más antiguos son un resto de mandíbula y algunas piezas dentales de cerca de 2,3 m.a. de antigüedad hallados en los yacimientos del valle del río Omo. De estos mismos yacimientos proceden también los restos más

modernos conocidos de esta especie (dos dientes de leche), de una antigüedad cercana a 1 m.a.

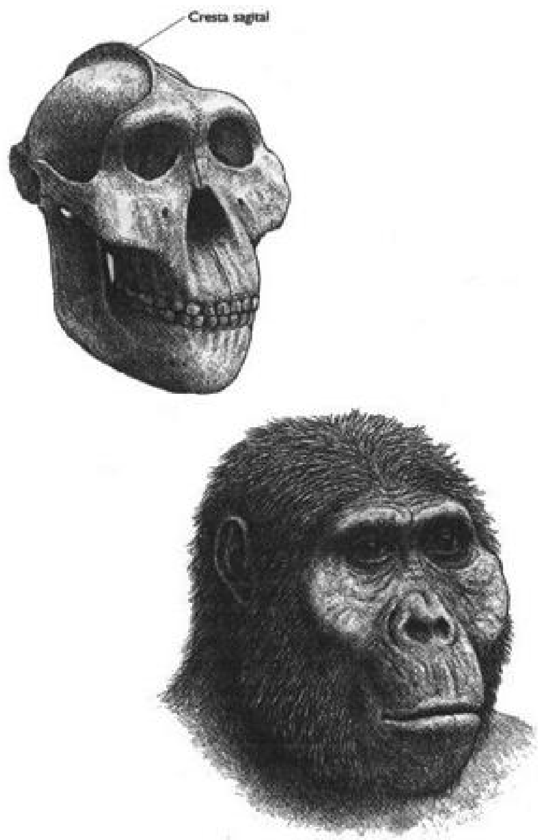


FIGURA 6.2. Macho de Paranthropus boisei.

La colección más amplia de fósiles del *Paranthropus boisei* procede de los yacimientos situados en las orillas occidental y oriental del lago Turkana (estos últimos se engloban dentro de la formación estratigráfica Koobi Fora), y han sido descubiertos a partir de los últimos años sesenta por el equipo de Richard Leakey. Aparte de numerosos restos dentales y mandibulares, se han hallado algunos cráneos entre los que destaca el fósil conocido como ER 406, asignado a un individuo masculino y adulto. También se ha recuperado en Koobi Fora un esqueleto parcial (ER 1500), atribuido a un ejemplar femenino y adulto. A partir de éste y otros restos, se ha podido averiguar que la estatura, peso y proporciones entre los miembros de *Paranthropus boisei* eran básicamente iguales a las de los australopitecos (figura 3.4).

Además de en Olduvai, el valle del río Omo y las riberas del lago Turkana, se han encontrado fósiles del *Paranthropus boisei* en otros yacimientos esteafricanos de hace entre 1,3 y 1,4 m.a. En el yacimiento tanzano de Peninj se encontró en 1964 una mandíbula (Peninj 1), que es una de las más completas que se conocen de esta especie, y en la localidad keniana de Chesowanja se descubrió en 1970 parte de un cráneo (conocido como CH 1). En octubre de 1997, el equipo encabezado por Gen Suwa publicó el hallazgo del único cráneo con mandíbula que se conoce de esta especie (KGA 10-525), procedente del yacimiento etíope de Konso y datado en alrededor de 1,4 m.a. de antigüedad.

Con ser muy importante el descubrimiento de un cráneo junto con su respectiva mandíbula, hay otro aspecto del hallazgo de Konso que presenta una especial relevancia. La fauna de bóvidos del yacimiento está compuesta en un 80% por alcelafinos (como los damaliscos o topis) y también son frecuentes los fósiles de équidos. Los alcelafinos son un grupo de bóvidos (técnicamente una tribu) que se alimentan de plantas de tipo C4 (al igual que los équidos), que ya vimos que eran las predominantes en las praderas herbáceas. Es decir, que la fauna fósil nos habla de un medio abierto y seco, tipo sabana.

Como ya hemos comentado, también se conocen fósiles de parántropos en el extremo meridional del continente, asignados a la especie *Paranthropus robustus*. A los primeros hallazgos de Broom en Kromdraai, se sumaron los realizados por el propio Broom y John Robinson diez años más tarde, en 1948, en la vecina cueva de Swartkrans.

A partir de estudios paleontológicos, a los niveles estratigráficos con fósiles de *Paranthropus* de Kromdraai y Swartkrans se les asigna una antigüedad comprendida entre 1,8 (los más antiguos) y 1 m.a. (los más recientes).

La mayoría de los fósiles hallados en Kromdraai corresponden a restos de cráneos, mandíbulas, piezas dentales, y algunos restos de huesos del brazo, la cadera y el pie. La colección de fósiles de Swartkrans es más amplia, con un cráneo bastante completo, aunque deformado (SK 48), junto con otros restos craneales y dentales. También hay numerosos restos postcraneales, que incluyen huesos de ambas extremidades, vértebras y cadera. No obstante, la atribución de estos restos

postcraneales a *Paranthropus* es problemática, dado que en los mismos niveles también se encuentran fósiles de un representante primitivo de *Homo*.

Para finalizar con la distribución geográfica de los parántropos, cabe mencionar que el gran «hueco» de fósiles que existe entre Tanzania y Sudáfrica puede haber comenzado a llenarse con los hallazgos que un equipo encabezado por Friedemann Schrenk y Tim Bromage está realizando en yacimientos emplazados en la ribera occidental del lago Malawi, en Malawi. Además de una mandíbula atribuida al género *Homo*, de la que nos ocuparemos más adelante, se sabe que este equipo ha encontrado un maxilar fragmentario de un parántropo que todavía no ha sido publicado.

2. El especialista

Para un biólogo, un organismo *especialista* es aquel que se adapta a un estilo de vida muy concreto (o nicho ecológico). Dicha especialización suele afectar a su modo de alimentación, lo que se trasluce en marcadas adaptaciones en su aparato masticador y digestivo. Por el contrario, los organismos que mantienen un modo de vida y una dieta más variados, es decir, menos especializados, reciben el adjetivo de *generalistas*.

Los representantes de *Paranthropus* muestran una serie de rasgos únicos que permiten distinguirlos con facilidad del resto de los homínidos. Estas características se relacionan con la presencia de un imponente aparato masticador que nos habla de una marcada especialización alimentaria en los parántropos.

La masticación es el proceso por el cual los alimentos son triturados por la presión que los dientes situados sobre una pieza de hueso móvil (la mandíbula) ejercen sobre los dientes dispuestos en una base ósea fija (el maxilar). Al igual que en un mortero, el alimento puede ser simplemente machacado, si la mandíbula se desplaza sólo en dirección vertical, o molido, si a los movimientos verticales de la mandíbula acompañan otros horizontales. Tanto la presión que la mandíbula ejerce sobre el maxilar (es decir, la fuerza del mordisco) como la dirección de sus movimientos dependen de los músculos que se insertan en ella.

Los movimientos de la mandíbula durante la masticación son muy complejos y en ellos interviene una gran cantidad de músculos. Sin embargo, a los efectos que nos

interesan, podemos simplificar diciendo que la elevación de la mandíbula depende básicamente de dos grupos de músculos dispuestos simétricamente a cada lado de la cabeza: los músculos temporales y los músculos maseteros (figura 6.3). Por otra parte, los movimientos horizontales de la mandíbula dependen, sobre todo, de la acción de los músculos pterigoideos externos.

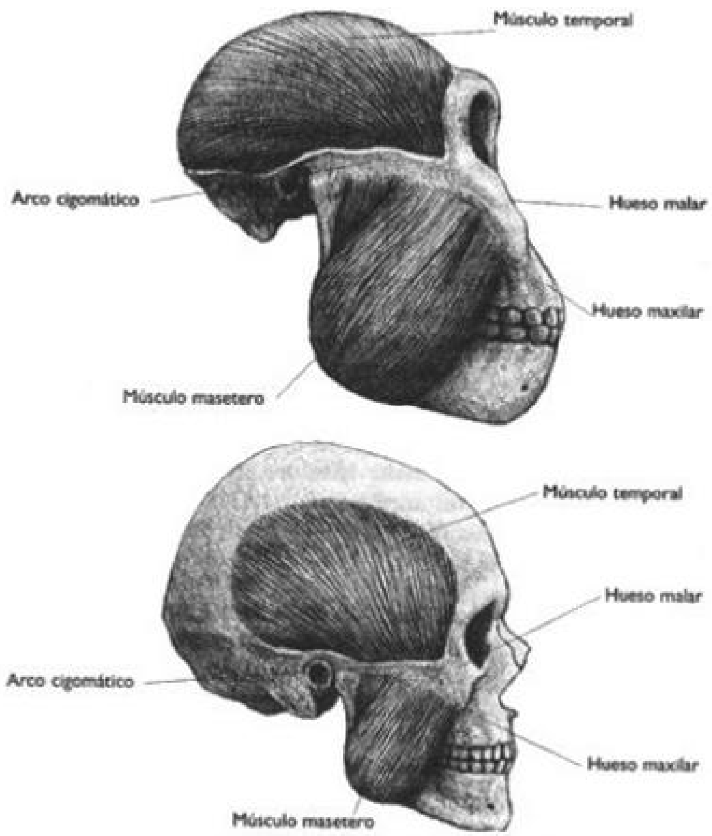


FIGURA 6.3. Huesos y músculos implicados en la masticación. El músculo temporal tiene forma de abanico. Su parte más ancha se origina en la superficie externa de las paredes laterales del cráneo, mientras que la parte más estrecha pasa a través de la fosa temporal para insertarse en la mandíbula. La contracción de estos músculos es fácilmente reconocible si se palpan las sienes al apretar los dientes. Los músculos maseteros se extienden desde el borde inferior de cada arco cigomático hasta las caras externas de las ramas ascendentes de la mandíbula y las regiones posteriores del cuerpo mandibular (ver figura 6.1). También es fácil localizar estos músculos, basta con tocarse las mejillas mientras se aprietan las muelas.

Dentro de las tres especies de parántropos existe una gradación en la especialización del aparato masticatorio, que está muy acentuada en el *Paranthropus boisei*, es menos marcada en el *Paranthropus robustus* y sólo aparece esbozada en el *Paranthropus aethiopicus*.

Comenzando por la dentición, los molares de los parántropos presentan una capa de esmalte bastante gruesa, más que la de ningún otro homínido ni antropomorfo. Esta característica está claramente ligada a una dieta que produce un intenso desgaste de los molares, bien porque él alimento contenga partículas duras, porque necesite una prolongada masticación, o por ambas circunstancias a la vez. Por otra parte, la superficie de los dientes dedicada a triturar el alimento es muy grande en relación con el peso corporal. Esto se debe al incremento del tamaño de los molares y, sobre todo, a que los premolares son «molariformes», es decir, con aspecto de molar, aumentando notablemente el área de la dentición dedicada a la trituración del alimento. De forma paralela al aumento de tamaño de molares y premolares, la dentición anterior de los parántropos, es decir, los caninos e incisivos, está muy reducida.

En los monos antropomorfos los premolares no están «molarizados» por lo que la región de la dentición encargada de la trituración del alimento está restringida a los molares (y recordemos que los incisivos y caninos son grandes). En cambio, en los parántropos la zona de masticación se ha extendido hacia los premolares, que por ello son «molariformes».

El hueso maxilar de los parántropos ocupa una posición más retrasada bajo el cráneo de lo que es habitual entre los antropomorfos y australopitecos, llevando la región de los premolares también hacia atrás. Por otra parte, los huesos malares están adelantados, arrastrando hacia delante la zona donde se originan los músculos maseteros. Estas modificaciones aumentan la potencia del mordisco al nivel de los premolares (figura 6.3).

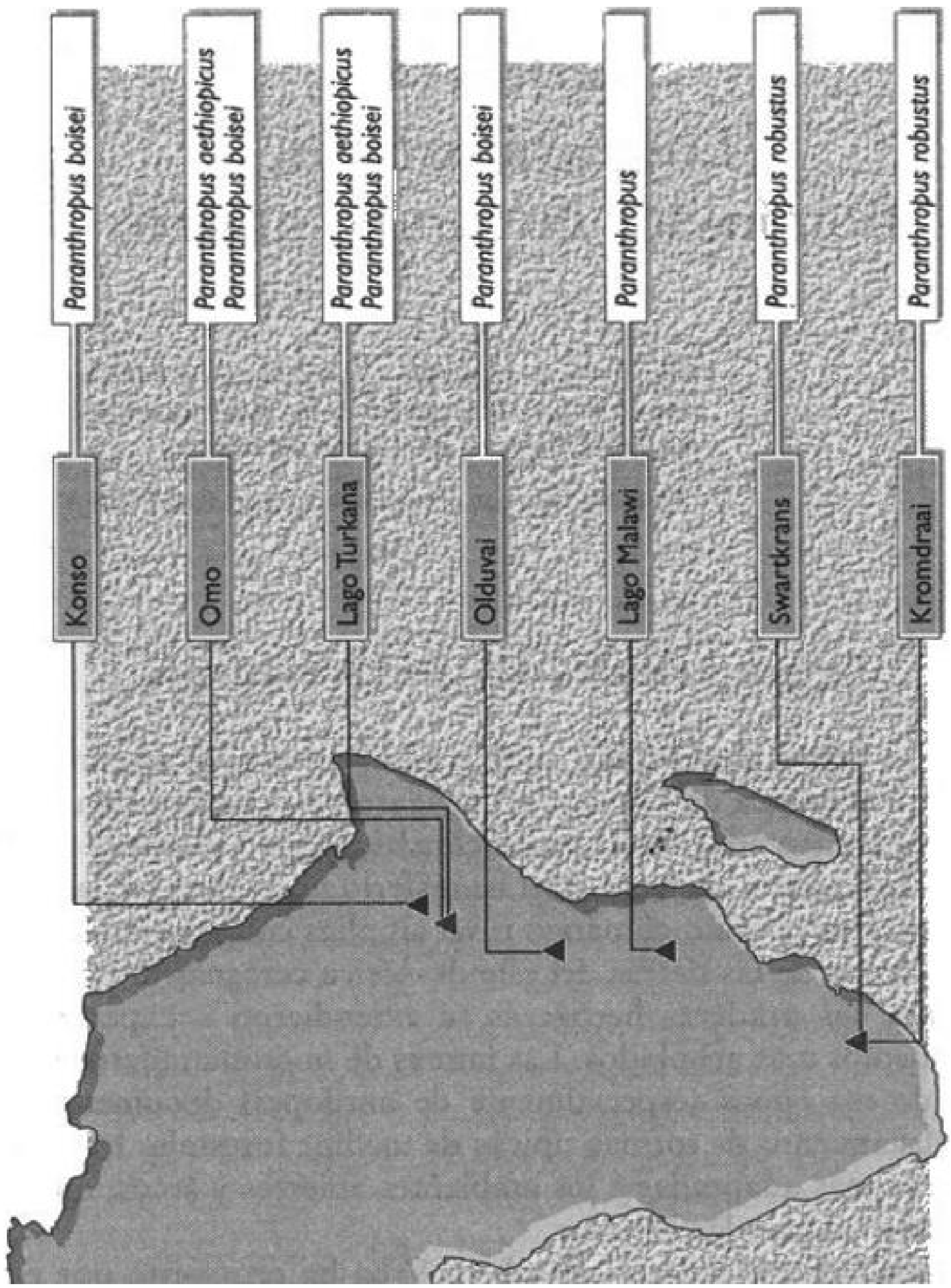
Por otra parte, la fuerza que ejerce un músculo depende directamente del número de fibras musculares que contenga; es decir, de su grosor. El músculo temporal tiene una limitación física a este respecto: ha de pasar a través de la fosa temporal, y el diámetro de ésta marca el máximo grosor que puede tener el músculo. En los

parántropos, los arcos cigomáticos (que constituyen el límite lateral de cada una de las fosas temporales) están muy curvados hacia fuera, lo que aumenta de forma notable el diámetro de cada fosa y nos habla de unos músculos temporales extraordinariamente gruesos y potentes. El tamaño de estos músculos fue tan grande entre los parántropos que, en los machos, provocaron la aparición de una cresta sagital en la línea media de la cara superior del cráneo (figura 6.1; figura 6.2).

Junto con el aumento de tamaño de los músculos temporales, las ramas ascendentes de la mandíbula son muy altas, acrecentando la potencia de la acción de los músculos temporales y maseteros. Como consecuencia, se produce también un incremento paralelo en la altura de los malares y del maxilar.

En cuanto a las mandíbulas de los parántropos, éstas son muy robustas (es decir, con el cuerpo mandibular muy grueso) como respuesta a la necesidad del hueso de resistir y disipar las grandes tensiones originadas por el acentuado esfuerzo masticatorio. Por otra parte, la mandíbula de un parántropo es fácil de distinguir de la de cualquier otro homínido, o antropomorfo, por ser muy ancha en relación con su longitud. Esta disposición es ideal para conseguir movimientos circulares de la mandíbula, destinados a moler un alimento duro.

El efecto que estas modificaciones esqueléticas tuvieron sobre la fisonomía de los parántropos fue considerable (figura 6.2.). Como consecuencia del retroceso del maxilar y del adelantamiento de los pómulos, el rostro de un parántropo no era prognato, es decir, con la cara proyectada hacia delante, sino plano y aun cóncavo de lado a lado. Además, la región de los pómulos estaba muy ensanchada como resultado de la ampliación lateral de las fosas temporales. Finalmente, la cara también era muy alta debido al aumento de altura de las ramas mandibulares y de los huesos malares y maxilares. El rostro inconfundible de unos homínidos muy especializados.



MAPA 2. Situación de los principales yacimientos con fósiles de Paranthropus.

Capítulo 7
Un homínido distinto

Por mucho que un hombre valga, nunca tendrá valor más alto que el de ser hombre.
ANTONIO MACHADO, *Juan de Mairena*.

Contenido:

1. Los primeros humanos

El término *Homo* («hombre», en el sentido genérico de ser humano) fue empleado por Linneo en 1758 para nombrar el género al que pertenece nuestra propia especie (*Homo sapiens*).

Habitualmente, los términos humanidad y humano/a se reservan para los representantes de nuestro género, de manera que cuando nos preguntamos sobre el origen y evolución del género *Homo* nos estamos refiriendo al origen y evolución de los humanos.

Hasta comienzos de la década de los noventa, los fósiles más antiguos asignados a nuestro género eran un conjunto de dientes aislados (de cerca de 2,1 m.a.) y fragmentos mandibulares (de alrededor de 2,5 m.a. de antigüedad) procedentes de los yacimientos del valle del río Omo. Sin embargo, la pertenencia a *Homo* de estos fósiles era discutida por un buen número de autores y se reclamaba una evidencia más sólida para aceptar la presencia de *Homo* hace más de 2 m.a. Dicha existencia se argumentaba a partir del reconocimiento de industria lítica en niveles de unos

2,3 m.a. de antigüedad, también de yacimientos del río Omo. Pero éste era un argumento discutible basado en una premisa que se hacía necesario demostrar: que los únicos homínidos capaces de fabricar útiles de piedra son los miembros del género *Homo*.

Desde los primeros años noventa, una serie de fósiles atribuidos a nuestro género y con antigüedades mayores de 2 m.a. han sido presentados a la comunidad científica. En 1992 se publicó que un fragmento de hueso temporal (conocido como BCI y hallado en 1965 en un yacimiento situado en las cercanías del lago Baringo, Kenia), pertenecía a nuestro propio género, asignándosele una antigüedad de cerca de 2,5 m.a. Sin embargo, como no se conoce con exactitud dónde se encontró, no es posible establecer su posición en la estratigrafía del yacimiento y su antigüedad no puede ser determinada de manera fehaciente. Tampoco todos los investigadores aceptan la pertenencia del fósil al género *Homo*. A nuestro juicio, el fósil del lago Baringo sí pertenece a nuestro propio género, aunque no es posible asignarlo a ninguna especie. También se atribuye a *Homo* (en concreto a *Homo rudolfensis*) una mandíbula (UR 501) muy completa hallada por el equipo encabezado por Friedemann Schrenk y Tim Bromage en la orilla occidental del lago Malawi. A este fósil se le da una antigüedad de entre 2,3 y 2,5 m.a., establecida con criterios paleontológicos y que se contempla como una edad orientativa y sujeta a revisión. Tampoco la atribución a *Homo* de esta mandíbula puede considerarse como definitiva ya que, a nuestro entender, podría corresponder a un parántropo.

En 1994, el equipo de Johanson encontró en la región de Hadar un maxilar muy completo (A.L. 666-1) cuya asignación a *Homo* parece clara. El fósil se halló inmediatamente debajo de una toba volcánica fechada mediante técnicas radiométricas en cerca de 2,3 m.a. Junto con el fósil humano se encontraron una veintena de utensilios de piedra, que representan el caso más antiguo conocido de asociación de industria lítica y restos de homínido. Este hallazgo ha venido a reforzar la hipótesis de que *Homo* fue el autor de las primeras industrias. Las piedras talladas más antiguas de las que se tiene noticia proceden de otro yacimiento de la región de Hadar, Gona, al que se le atribuye una edad cercana a los 2,5 m.a.

La talla sistemática de la piedra para obtener instrumentos parece haber sido una de las claves de la capacidad de nuestro género para ocupar medio ambientes muy diversos y para acceder a nuevos recursos, por lo que merece la pena que los huesos cedan por un momento el protagonismo a las piedras.

2. Los talladores de piedra

Los humanos no somos los únicos animales que utilizamos instrumentos. Los chimpancés también los usan, pero se trata de objetos naturales que son adaptados para su función, como en el célebre ejemplo de las ramitas que preparan eliminando las ramificaciones laterales y luego introducen en los orificios de los termiteros para «pescar» termitas. Sin embargo, en estos casos el instrumento está ya prefigurado en la naturaleza y no es necesario hacer un gran esfuerzo para representarse mentalmente el objeto final a obtener.

Los humanos son los únicos primates que realmente producen instrumentos a partir de una forma que sólo existe en su cabeza, y que ellos «imponen» a la piedra. Se cuenta que el famoso escultor del Renacimiento Miguel Ángel decía que sus esculturas, como el *David* o *La Piedad*, estaban ya encerradas en el bloque de mármol y él se había limitado a eliminar lo que sobraba.

Pues algo así, aunque más modestamente, hacían los humanos al tallar.

Los primeros utensilios de piedra se conocen como Olduvayenses (nombre derivado de Olduvai), y son muy simples. Corresponden a lo que se denomina Modo 1 y consisten en cantos y rocas tallados sin una forma estandarizada; entre éstos se encuentran los llamados *choppers* (trabajados por una sola cara), los *chopping tools* (tallados por las dos caras), y las lascas sin retocar (figura 7.1). El proceso de fabricación de estos instrumentos requiere secuencias de pocos golpes. También utilizaban cantos y rocas sin modificar, a modo de martillos y yunques.

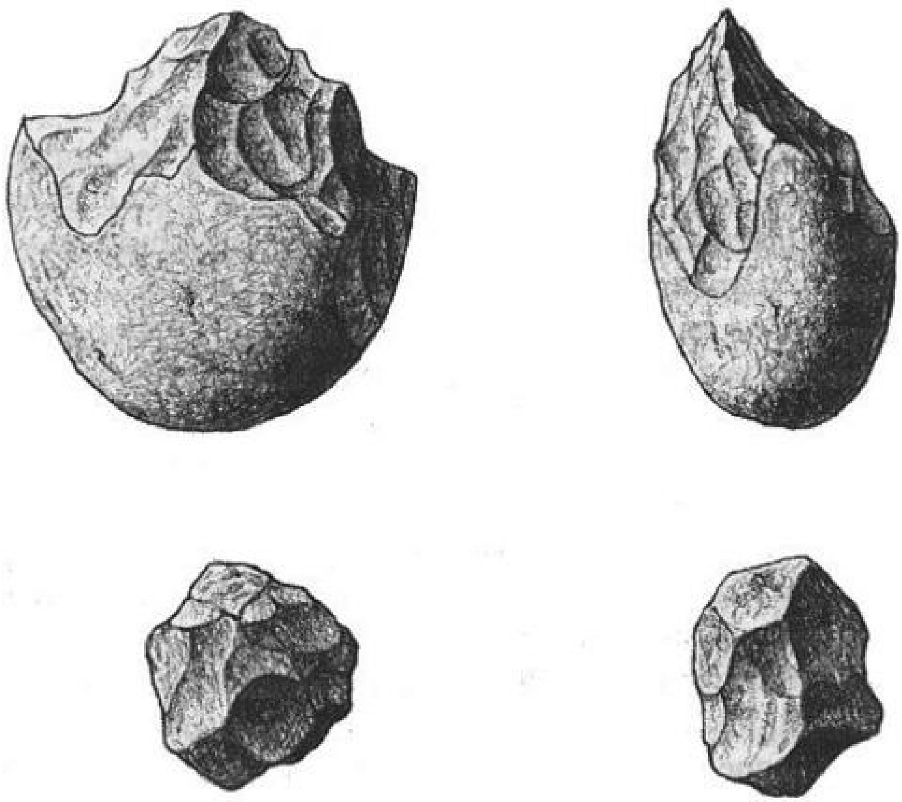


FIGURA 7.1. Algunos instrumentos líticos representativos del Modo 1. Arriba, en dos vistas, un chopping tool. Abajo, dos vistas de un poliedro.

Estos sencillos instrumentos de piedra proporcionarían a sus fabricantes algo de lo que, a causa de la reducción de los caninos, carecían: un filo cortante. Pero incluso fabricar utensilios tan simples es más difícil de lo que parece. El arqueólogo Nick Toth y la psicóloga Sue Savage-Rumbaugh han llevado a cabo un experimento para enseñar a tallar la piedra a un bonobo (chimpancé pigmeo) macho llamado Kanzi, que exhibe notables capacidades para el manejo de símbolos (volveremos a referirnos a Kanzi en el capítulo del lenguaje).

En presencia de Kanzi, Nick Toth golpeaba un canto con otro para extraer lascas del primero; con el filo de las lascas cortaba a continuación una cuerda y abría una caja con comida. Kanzi captó enseguida la utilidad de las lascas y aprendió a seleccionar las mejores y usarlas, pero todos sus esfuerzos fueron vanos a la hora de producirlas. No cabe duda de que Kanzi tiene en la cabeza la idea de la lasca que quiere obtener, pero es incapaz de golpear con tino una piedra contra la otra. El lector también puede probar a hacerlo y verá que no es tan fácil, sobre todo si se

les tiene cariño a los dedos. Para tallar hace falta mantener fijo un canto con una mano y darle golpes en su borde, de forma un poco tangencial, con otro canto que actúa como martillo o percutor. Del canto golpeado se desprenden lascas, quedando un núcleo tallado. Tanto las lascas como el núcleo pueden ser utilizados como instrumentos porque tienen filos. Sin embargo, Kanzi descubrió que lanzando un canto contra el suelo o contra una roca el canto se partía y se obtenían filos utilizables, aunque el resultado no se parecía a los instrumentos prehistóricos.

Como ya se ha comentado, las manos de los chimpancés no son muy adecuadas para manipular con precisión objetos pequeños debido al alargamiento de la palma y de todos los dedos, excepto el pulgar, cuya punta queda a considerable distancia de las de los demás. Es una mano hecha para colgarse de ella y no para tallar. Sin embargo, es probable que el problema principal resida en la incapacidad para coordinar los movimientos necesarios de los brazos, muñecas y manos.

Los australopitecos, al menos desde el *Australopithecus afarensis*, tienen una mano ya muy parecida a la nuestra, por lo que cabe pensar que dispusieran de la capacidad mental (tanto como los chimpancés) y de la coordinación necesarias para producir lascas. Si no lo hicieron es porque tal vez no tuvieran la necesidad de obtener bordes afilados para cortar. Es posible que esta necesidad surgiera cuando los primeros humanos empezaron a consumir carne y precisaron de filos tanto para abrir la gruesa piel de grandes animales como para cortar tendones y trocear músculos; también utilizarían los cantos para fracturar los huesos y extraer el tuétano, aunque esta actividad se parece a la que realizan algunos chimpancés cuando parten nueces utilizando una piedra como martillo y otra, fija en el suelo, como yunque. Los animales consumidos por los humanos no necesariamente habrían sido cazados por ellos, sino que con frecuencia se trataría de una actividad de carroñeo. También sin duda utilizaban los filos de los instrumentos de piedra para cortar plantas y hay quien piensa que la preparación de productos vegetales duros que los parántropos realizaban con su hiperdesarrollado aparato masticador, los primeros *Homo* la llevaban a cabo con sus útiles de piedra.

3. La diversificación del Homo

El registro de fósiles del *Homo* procedentes de yacimientos con menos de 2 m.a. de antigüedad es mucho más rico y diverso. Hasta hace unos pocos años, todos los fósiles africanos de una antigüedad comprendida entre 2 y 1,4 m.a. se atribuían a dos especies. Los más antiguos y primitivos se asignaban a la especie *Homo habilis*, mientras que los más modernos y evolucionados eran contemplados como los representantes africanos del *Homo erectus*, una especie definida a partir de fósiles procedentes de la isla de Java y de China (de los que nos ocuparemos más adelante). Sin embargo, el hallazgo de fósiles de morfologías dispares ha motivado, desde mediados de los años ochenta, el replanteamiento del número de especies representadas por los fósiles africanos de más de 1 m.a. Bernard Wood, responsable del estudio de los fósiles craneodentales de Koobi Fora, ha sido el principal protagonista de esta revisión. En su opinión, pueden distinguirse tres especies entre los fósiles humanos más antiguos de África: *Homo habilis, Homo rudolfensis* (el nombre *rudolfensis* hace referencia al antiguo nombre del lago Turkana: lago Rodolfo) y *Homo ergaster* (*ergaster*: «trabajador», en griego). Las dos primeras especies se reparten los fósiles atribuidos con anterioridad al *Homo habilis*, mientras que la última incluye la práctica totalidad de los restos que se asignaron inicialmente al *Homo erectus* (con la excepción del cráneo OH 9, del que hablaremos en otro momento).

Según Wood, el *Homo rudolfensis* se distingue por la combinación única de un cerebro grande junto a un aparato masticador desarrollado y parecido en algunas características al de los parántropos. Por su parte, y siempre en opinión de Wood, el *Homo habilis* se caracteriza por presentar un cerebro algo mayor que el de los australopitecos y parántropos, aunque menor que el del *Homo rudolfensis*, junto a una arquitectura general del cráneo primitiva y muy similar a la del *Australopithecus africanus*. De esta última especie, el *Homo habilis* se distingue por un menor desarrollo y longitud del aparato masticador, el menor tamaño de las muelas y por la presencia de un toro supraorbital separado del resto del hueso frontal por un leve surco (figura 7.2).

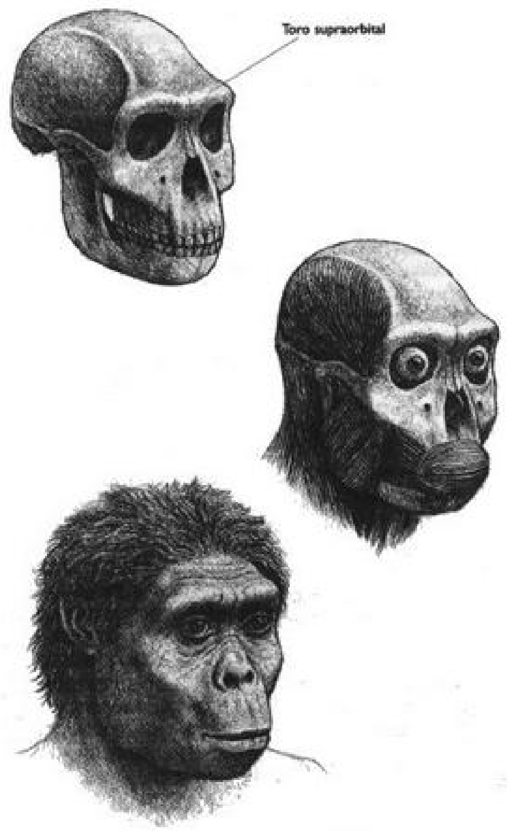


FIGURA 7.2. Individuo femenino de Homo habilis.

No obstante, en nuestra opinión, los principales fósiles con los que se ha justificado la existencia del *Homo rudolfensis* podrían muy bien incluirse dentro del *Homo habilis* si se acepta para esta especie un marcado dimorfismo sexual como el de los australopitecos y parántropos.

En adelante, y con el fin de que el lector pueda disponer de toda la información, seguiremos la asignación de fósiles a especies propuesta por Wood.

El *Homo rudolfensis* es una especie cuyo rango cronológico se extiende desde hace 1,9 m.a. hasta 1,6 m.a. y de la que sólo se conocen fósiles en los yacimientos situados en las orillas del lago Turkana, especialmente en los de Koobi Fora. Sus fósiles más significativos son los cráneos ER 1590, ER 3732 y ER 1470. El más completo de los tres es ER 1470, que fue hallado en 1972 por el equipo dirigido por Richard Leakey. A este fósil se le atribuye una antigüedad cercana a 1,9 m.a. y es el holotipo de la especie.

Los primeros fósiles atribuidos a la especie *Homo habilis* fueron hallados el 2 de noviembre de 1960 en el transcurso de las excavaciones de Louis y Mary Leakey en la Quebrada de Olduvai.

Se trataba de parte de una mandíbula, huesos del cráneo y de la mano de un individuo juvenil.

Estos restos recibieron el nombre de OH 7 y fueron elegidos como holotipo de la especie cuando Louis Leakey, Phillip Tobias y John Napier (1917-1987) la crearon en 1964. Desde los primeros hallazgos, la colección de restos de *Homo habilis* procedentes de Olduvai se ha visto muy ampliada, abarcando un lapso temporal comprendido entre hace 1,8 y 1,6 m.a. De los restos craneales destacan un cráneo casi completo pero muy aplastado conocido por las siglas OH 24 (apodado *Twiggy*), y un conjunto de restos craneales con su mandíbula siglados como OH 13 (bautizados como *Cinderella* o *Cindy*, «Cenicienta» en castellano).

También se cuenta en la colección de Olduvai con una buena representación del esqueleto postcraneal en la que descuella el ejemplar OH 62, hallado por un equipo encabezado por Johanson y White en 1986, que consiste en parte del esqueleto de un ejemplar femenino adulto. El estudio de los huesos del brazo y pierna de OH 62 ha producido resultados sorprendentes. En primer lugar, la estimación de su estatura arroja una cifra de apenas un metro, siendo el ejemplar más bajito entre los homínidos fósiles (incluida Lucy). Por otra parte, la proporción entre el húmero y el fémur calculada para OH 62 es del 95%, más parecida a la de los chimpancés que a la estimada para la propia Lucy (85%).

Las excavaciones dirigidas por Richard Leakey en Koobi Fora han proporcionado, desde los primeros años de la década de los setenta, la más numerosa y completa colección de fósiles de *Homo habilis* disponible en la actualidad. Esta colección incluye, junto a cuantiosos restos craneales más fragmentarios, algunos cráneos muy completos (ER 1805 y ER 1813) y una nutrida representación de restos mandibulares y piezas dentales aisladas. Del esqueleto postcraneal se han recuperado abundantes fósiles, de entre los que cabe destacar un esqueleto incompleto (ER 3735) que es similar a OH 62. Los fósiles de Koobi Fora se concentran en un corto período de tiempo que se extiende desde hace aproximadamente 1,9 m.a. hasta hace cerca de 1,8 m.a.

Contrastando con la riqueza de la colección de fósiles del *Homo habilis* de Koobi Fora, los hallazgos de restos de esta especie en los yacimientos del valle del río Omo están limitados a piezas dentales aisladas y restos muy fragmentarios de difícil asignación. Como excepción, cabe destacar parte de un cráneo (L 894-1) con una antigüedad próxima a 1,9 m.a.

Completa esta panorámica un fósil problemático procedente del yacimiento sudafricano de Sterkfontein de una antigüedad cercana a 1,8 m.a. (en un nivel estratigráfico más moderno que el que contiene los fósiles del *Australopithecus africanus*). Se trata de un cráneo fragmentario (Stw 53), que ha sido asignado por algunos investigadores al *Homo habilis*, mientras que otros lo contemplan como perteneciente a una especie distinta de *Homo* para la que no han propuesto nombre.

4. Listos para el gran salto

La especie *Homo ergaster* se distingue de las especies precedentes de *Homo* por un claro aumento en el tamaño del cerebro, la presencia de un toro supraorbital netamente independizado del resto del hueso frontal por un surco bien marcado, la disposición de los huesos nasales que provoca que la nariz destaque en el perfil de la cara, el acortamiento del esqueleto facial y la reducción en el tamaño relativo de los molares (figura 7.3).

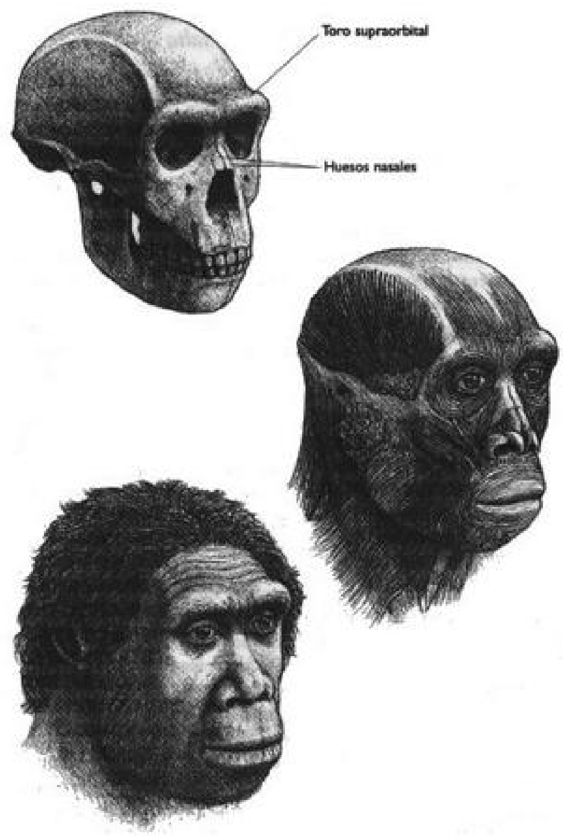


FIGURA 7.3. Individuo masculino de Homo ergaster.

Los fósiles asignados al *Homo ergaster* cubren un lapso temporal de entre 1,8 y 1,4 m.a. Los más antiguos proceden de Koobi Fora y el más moderno podría ser una mandíbula del yacimiento de Konso, descubierta en el mismo horizonte geológico en el que fueron hallados un conjunto de artefactos líticos y los restos del *Paranthropus boisei* que ya hemos tenido ocasión de comentar.

El fósil más notable atribuido al *Homo ergaster* es el esqueleto encontrado por el equipo de Richard Leakey en 1984 en una de las orillas del río Nariokotome, pocos kilómetros al oeste del lago Turkana (oficialmente, es nombrado como WT 15000 pero de modo más familiar se lo conoce como el Turkana Boy o «Niño del Turkana»). La antigüedad de este esqueleto está próxima a 1,5 m.a. y conserva la mayor parte de los huesos del cuerpo, incluyendo el cráneo y la mandíbula. Este descubrimiento representa uno de los hallazgos más importantes en la historia de la paleoantropología por tratarse del esqueleto más completo de un homínido de esta antigüedad.

Sólo faltan los huesos de los pies y casi todos los de las manos. Sobre la base del estado de desarrollo óseo y dental, se atribuye a un ejemplar infantil de entre nueve y diez años, y por la morfología de los huesos de la cadera se asigna al sexo masculino. Al tratarse de un esqueleto tan completo ha podido estimarse la estatura del individuo con gran fiabilidad. El resultado es sorprendente pues arroja una cifra de alrededor de 1,60 metros, lo que significa una estatura superior a 1,80 metros cuando completase su desarrollo. Otro aspecto de gran interés que puede establecerse con gran fiabilidad en WT 15000 es la proporción entre las longitudes del húmero y el fémur, que refleja el tamaño relativo de los miembros superior e inferior (figura 7.4). Dicha proporción es del 74%, que es plenamente humana y contrasta con la estimada para el fósil de *Homo habilis* OH 62 (95%).

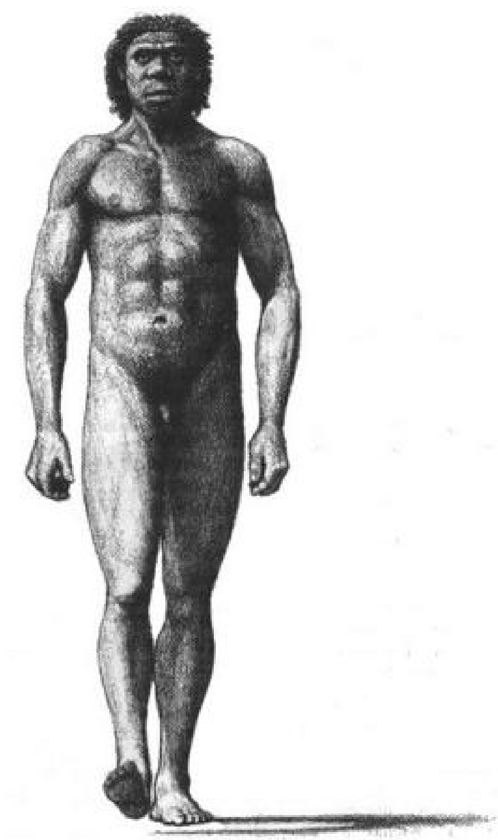


FIGURA 7.4. Homo ergaster.

De Koobi Fora proceden dos cráneos muy completos conocidos como ER 3733 y ER 3883. El primero de ellos se halló en 1975 en un nivel de cerca de 1,8 m.a. de antigüedad y el segundo fue encontrado un año después en otro estrato más joven, de una antigüedad cercana a 1,6 m.a. Al *Homo ergaster* podrían también pertenecer los fémures ER 1472 y ER 1481 y el coxal ER 3228, hallados en Koobi Fora, así como el coxal OH 28 de Olduvai.

Fuera del este de África, el *Homo ergaster* está representado por un conjunto de fósiles recuperados en el yacimiento sudafricano de Swartkrans (en los mismos niveles en los que se hallaron los fósiles de *Paranthropus robustus* , de hace alrededor de 1,8 m.a.) que incluye restos mandibulares, dentales, y parte de un cráneo (SK 847).

El *Homo ergaster* aparece ante nosotros como la más humana entre las especies primigenias de *Homo*. Aparte de su gran cerebro, esta especie presenta una

estatura y proporciones entre los miembros que son similares a las de los humanos posteriores en el tiempo. Además, poco después del surgimiento del *Homo, ergaster* una nueva forma de tallar la piedra hizo su aparición: el Achelense.

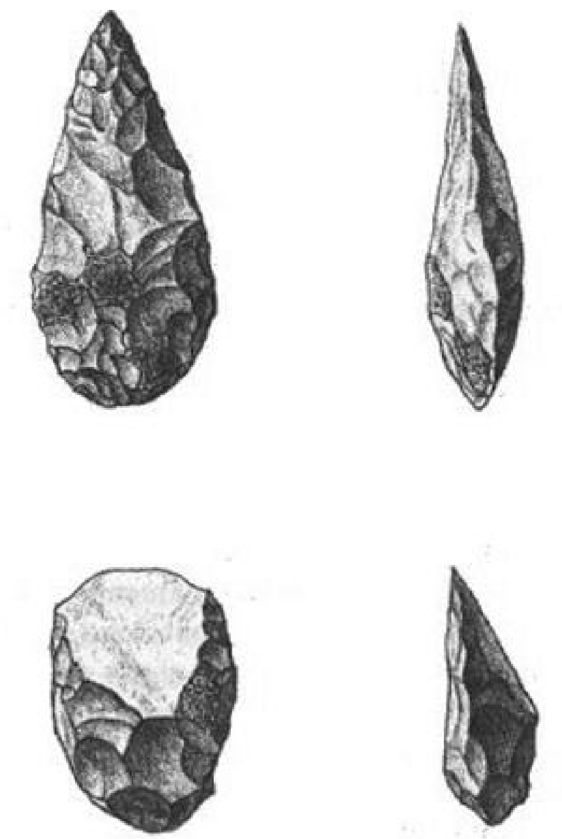


FIGURA 7.5. Utensilios representativos del Modo 2. Arriba, dos vistas de un hacha de mano. Abajo, dos perspectivas de un hendedor.

La industria de tipo Achelense o Modo 2, mucho más elaborada que la Olduvayense o Modo 1, incluye núcleos o grandes lascas con talla por las dos caras llamados *bifaces*, como las hachas de mano, los hendedores y los picos; estos instrumentos muestran una gran estandarización en su confección y requieren una larga secuencia de gestos, incluyendo el giro del núcleo en la mano mientras va siendo golpeado por el percutor para extraer lascas. El resultado es un instrumento en el que todo o casi todo su borde es filo. Las hachas de mano son bifaces simétricos con filos laterales que convergen hacia un extremo apuntado, y los hendedores son bifaces que en un extremo presentan un filo recto (figura 7.5). Las hachas de mano

probablemente eran utilizadas como instrumentos de múltiple uso, para cortar la carne, trabajar la madera y quizá también para preparar pieles. La industria Achelense más antigua que se conoce tiene cerca de 1,6 m.a. y procede del yacimiento tanzano de Olduvai.

5. Relaciones de familia

Uno de los aspectos más importantes del trabajo de un paleontólogo es el de intentar reconstruir la cadena de antepasados y descendientes que conforman la Historia de la Vida. Mientras no se disponga de una máquina que nos permita retroceder en el tiempo, ninguna hipótesis referida a las relaciones de tipo antecesor descendiente podrá confirmarse. Sin embargo, sí que es factible ir acotando el número de hipótesis verosímiles, descartando aquellas otras que son incompatibles con tres tipos de datos referidos a las especies representadas por los fósiles: su antigüedad, su distribución geográfica y su grado de parentesco evolutivo.

Resulta evidente que las especies más modernas no pueden ser propuestas como antepasadas de las más antiguas, ni éstas como descendientes de aquéllas. Tampoco puede presumirse una relación de antepasado descendiente entre especies que sean estrictamente contemporáneas.

Por otra parte, para que una especie pueda ser aceptada como la antepasada de otra no basta con que sea más antigua, también es imprescindible que haya vivido en la misma región geográfica en la que se originó la especie pretendidamente descendiente.

Otro criterio del que se sirve el paleontólogo a la hora de mantener o descartar sus hipótesis es el del grado de parentesco evolutivo entre las especies. Cuanto más estrecho sea el parentesco evolutivo entre dos especies, más verosímil será el que entre ellas exista una relación de tipo antecesor descendiente; sólo entre los parientes de primer grado pueden estar los progenitores de una persona, basta con descartar a los hermanos. Si conociéramos los grados de parentesco evolutivo de todas las especies del pasado, el problema quedaría reducido a distinguir entre especies «progenitoras» y especies «hermanas»; y esto podría hacerse con gran

facilidad si también supiéramos la antigüedad y distribución geográfica de dichas especies.

Sin embargo, la realidad es más complicada y ya hemos tenido ocasión de ver en los capítulos precedentes que no siempre es posible conocer con precisión la antigüedad de los fósiles. Por otra parte, tampoco podemos estar seguros de que no vayan a aparecer nuevos fósiles que dilaten el rango cronológico o el área de distribución de una especie. Con todo, el problema más espinoso para el paleontólogo es el de establecer los grados de parentesco evolutivo. A fin de cuentas, las distribuciones temporal y geográfica de las especies del pasado pueden establecerse directamente a partir de las de los propios fósiles, pero las relaciones de parentesco evolutivo no son evidentes sino que han de ser deducidas por los científicos.

6. La ciencia de las relaciones

A las relaciones de parentesco evolutivo se las conoce técnicamente como *relaciones filogenéticas*. Para deducir dichas relaciones a partir del registro fósil, los paleontólogos emplean un método que se basa en fundamentos muy sencillos, implícitos en la teoría darwinista de la descendencia con modificación, pero cuya aplicación es mucho más complicada. En esencia, se trata de rastrear las relaciones de parentesco a partir de la semejanza entre las distintas especies: la mayor parecido mayor proximidad evolutiva. Pero no todos los parecidos son iguales. Aparte de la pura casualidad (como el caso de la coincidencia en el número de extremidades de arañas y pulpos), la similitud puede deberse a dos causas fundamentales: a la convergencia adaptativa (analogía) o a la herencia de un antepasado común (homología).

La *convergencia adaptativa* se produce cuando dos estructuras anatómicas se parecen, no porque hayan sido heredadas de un antepasado común, sino porque desempeñan funciones similares y la selección natural las ha modelado de modo semejante. En este caso, el parecido es superficial y existen grandes diferencias estructurales. Un ejemplo de esta situación puede encontrarse en las aletas de tiburones y delfines, cuyo parecido es debido a su función pero cuya estructura anatómica es muy diferente.

Por el contrario, en las semejanzas debidas a la *herencia de un antepasado común* se mantiene el parecido estructural aunque pueda haber diferencias superficiales si los órganos realizan distintas funciones. Esta situación puede encontrarse al comparar el ala de un murciélago y la aleta de un delfín, cuyas diferencias son debidas a la disparidad de función pero cuya organización anatómica es muy similar.

En los ejemplos anteriores, el científico rechazaría el parecido superficial entre las aletas del tiburón y del delfín y usaría la semejanza estructural entre el ala del murciélago y la aleta del delfín para proponer que ambos comparten un antepasado común (del cual heredaron la estructura de sus extremidades) que no lo fue del tiburón y, por tanto, están más estrechamente emparentados.

Éste es el primer paso que debe dar un paleontólogo a la hora de establecer relaciones de parentesco entre las especies: distinguir entre caracteres de herencia común y convergencias adaptativas. Pero tampoco todos los caracteres de herencia común son iguales ni tienen el mismo valor para la reconstrucción de las relaciones filogenéticas. Es preciso distinguir entre *caracteres primitivos* y *caracteres derivados* o *evolucionados*. Los primeros no nos aportan ninguna información sobre el grado de parentesco y sólo los segundos son útiles para establecer la mayor o menor proximidad evolutiva de las especies: cuantos más rasgos derivados compartan dos especies mayor será su parentesco evolutivo.

Un buen ejemplo de esta manera de proceder puede encontrarla el lector en el capítulo que dedicamos a las características de los distintos grupos de primates. Allí definimos a los primates con rasgos derivados tales como la oponibilidad del pulgar en el pie o la presencia de uñas planas, ambos heredados del antepasado común exclusivo de los primates. Al mismo tiempo, obviamos otras características como la presencia de clavículas o de cinco dedos en manos y pies por tratarse de rasgos primitivos para el conjunto de los mamíferos (y que no implican la existencia de un antepasado común exclusivo de los primates). Otros rasgos derivados, como son la ausencia de rinario desnudo, la pérdida de un premolar y las adaptaciones a la braquiación, los empleamos para caracterizar a los haplorrinos, catarrinos y hominoideos respectivamente.

Así, la tarea del investigador de las relaciones filogenéticas puede resumirse en dos pasos. En primer lugar, distinguir los caracteres convergentes de aquellos otros de herencia común, separando los primitivos de los derivados. A continuación, es posible establecer los grados de parentesco evolutivo entre las especies estudiadas a partir de la presencia de rasgos derivados.

Ésta es una labor que no siempre resulta fácil debido a la complejidad del proceso evolutivo y, sobre todo, a la escasez y estado de conservación de los propios fósiles. Estas dificultades hacen que los distintos investigadores lleguen a diferentes conclusiones sobre la naturaleza de los caracteres empleados en los análisis. Como consecuencia, no existe consenso sobre el árbol evolutivo de los homínidos y diversas hipótesis son aceptadas por unos u otros autores.

7. El árbol de los homínidos

Relatar aquí todos los árboles evolutivos propuestos para los homínidos, explicando cómo la aparición de nuevos fósiles ha ido refutando unos y provocando la presentación de otros nuevos, es una tarea que, sin duda, excedería la paciencia de nuestros lectores. Por ello, nos parece preferible discutir cuál es el árbol evolutivo que, a nuestro juicio, es el más compatible con la evidencia actualmente disponible (figura 7.6).

Habida cuenta de su gran antigüedad y el primitivismo de la mayor parte de sus rasgos, la especie *Ardipithecus ramidus* aparece como la candidata ideal para ser la antecesora del resto de los homínidos. A la espera de los resultados sobre su tipo de locomoción, el único carácter derivado de homínido presente en el *Ardipithecus ramidus* parece ser la morfología del canino superior y del tercer premolar inferior.

Con una antigüedad menor que el *Ardipithecus ramidus*, el *Australopithecus anamensis* presenta al menos un rasgo derivado más, la presencia de una gruesa capa de esmalte en sus molares (si finalmente el *Ardipithecus ramidus* resultara no ser bípedo, entonces el *Australopithecus anamensis* presentaría también como rasgo novedoso este tipo de locomoción).

Aún no se conoce lo suficiente de la anatomía del *Australopithecus bahrelghazali* como para incluirlo, con rigor, en el árbol evolutivo de los homínidos.

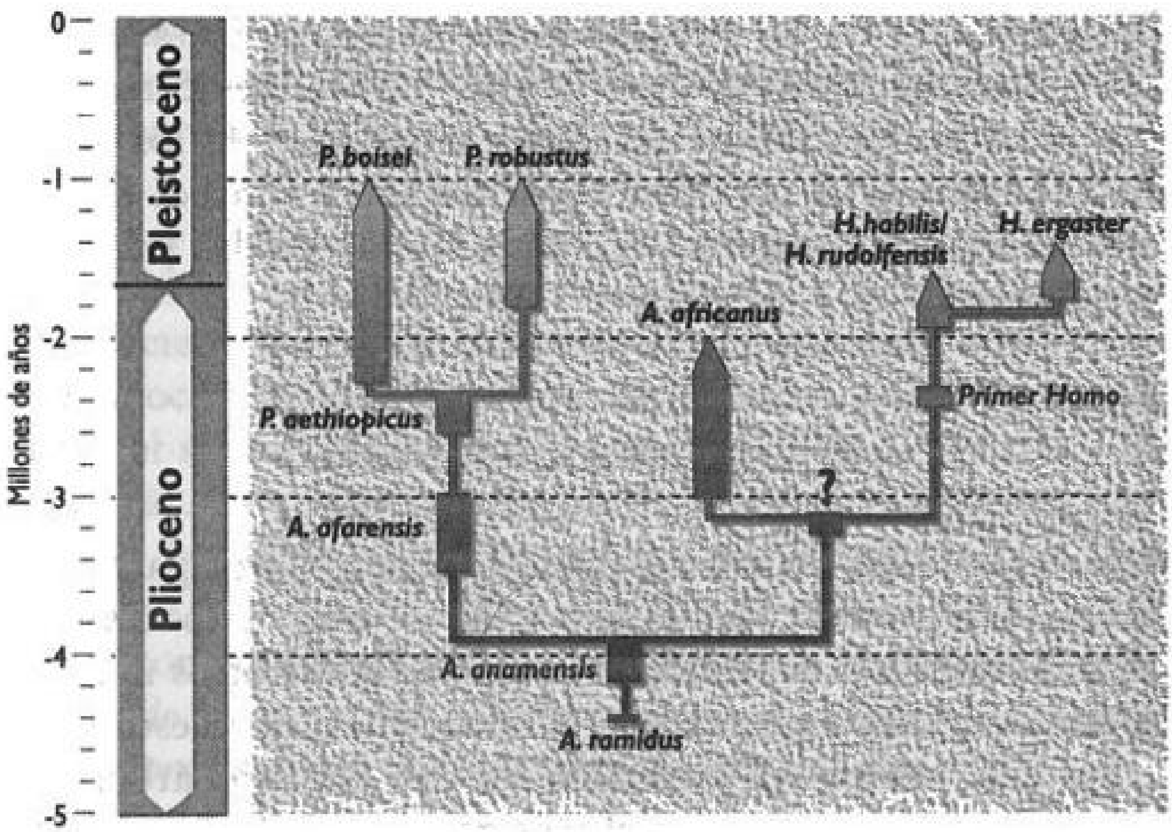


FIGURA 7.6. Esquema evolutivo de los autores para los primeros homínidos.

La mayoría de los autores contemplan al *Australopithecus afarensis* como el último antepasado común de los homínidos posteriores en el tiempo (figura 7.7). Sin embargo, nosotros sostenemos una opinión diferente. Nuestros estudios sobre la región de la base del cráneo relacionada con la masticación nos han llevado a la conclusión de que el aparato masticador del *Australopithecus afarensis* era proporcionalmente más ancho que el de los antropomorfos, australopitecos y humanos, pero equivalente al de los parántropos. El incremento de la anchura del aparato masticador, que se traduce en la presencia de mandíbulas relativamente anchas, es un rasgo característico de los parántropos tendente a favorecer los movimientos circulares de la mandíbula, necesarios para procesar alimentos tenaces. En nuestra opinión, este parecido entre el *Australopithecus afarensis* y los parántropos no se debe a un fenómeno de convergencia adaptativa, sino que se trata de un carácter derivado compartido. En consecuencia, pensamos que el

Australopithecus afarensis ya estaba comprometido en la estirpe de los parántropos y no pudo ser antepasado directo del linaje del *Homo* (figura 7.6).

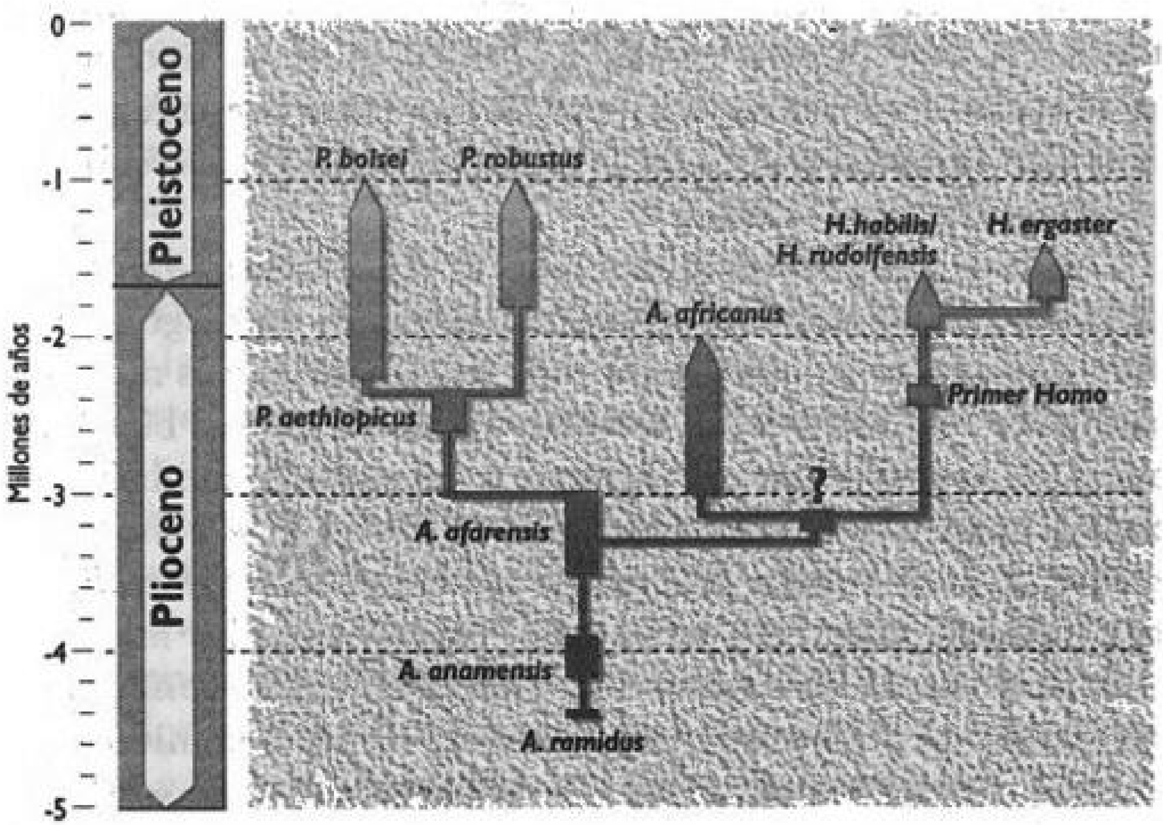


FIGURA 7.7. Esquema evolutivo alternativo para los primeros homínidos.

La rama de los parántropos está caracterizada por numerosos rasgos derivados relacionados en su mayor parte con la peculiar especialización de su aparato masticador. No obstante, existe una gradación en dicha especialización que nos ayuda a establecer el tipo de parentesco existente entre las tres especies conocidas de parántropos.

Así, *Paranthropus aethiopicus* se nos muestra como la especie menos especializada en aspectos tales como su gran prognatismo (comparar la figura 6.1 con la figura 6.2) y numerosos detalles de la morfología de la región de la base del cráneo. Este mayor primitivismo de la anatomía craneal, unido a su mayor antigüedad, convierte a esta especie en la candidata ideal para ser considerada como la antecesora del resto de los parántropos.

Los primeros representantes de nuestro género son muy similares a los ejemplares de *Australopithecus africanus*, de los que se diferencian por su mayor encéfalo, por su aparato masticador algo menos desarrollado y por la presencia de un toro supraorbital esbozado. Aparte de estas diferencias, la arquitectura y morfología del resto del cráneo son muy similares en ambas especies (comparar la figura 4.2 con la figura 7.2). A nuestro juicio, esta situación indica un grado de parentesco muy estrecho entre el *Australopithecus africanus* y el *Homo*. En nuestra opinión, el antepasado común de ambos vivió entre hace 4 y 3 m.a.

En cuanto a las relaciones evolutivas entre las especies de nuestro propio género, la situación no es muy diferente se acepte o no la existencia del *Homo rudolfensis*. Si únicamente admitimos la existencia del *Homo habilis*, el problema es algo más simple, puesto que sólo quedan dos especies que relacionar, y tanto por la cronología como por la anatomía del cráneo, el *Homo habilis* podría ser la especie antecesora del *Homo ergaster*.

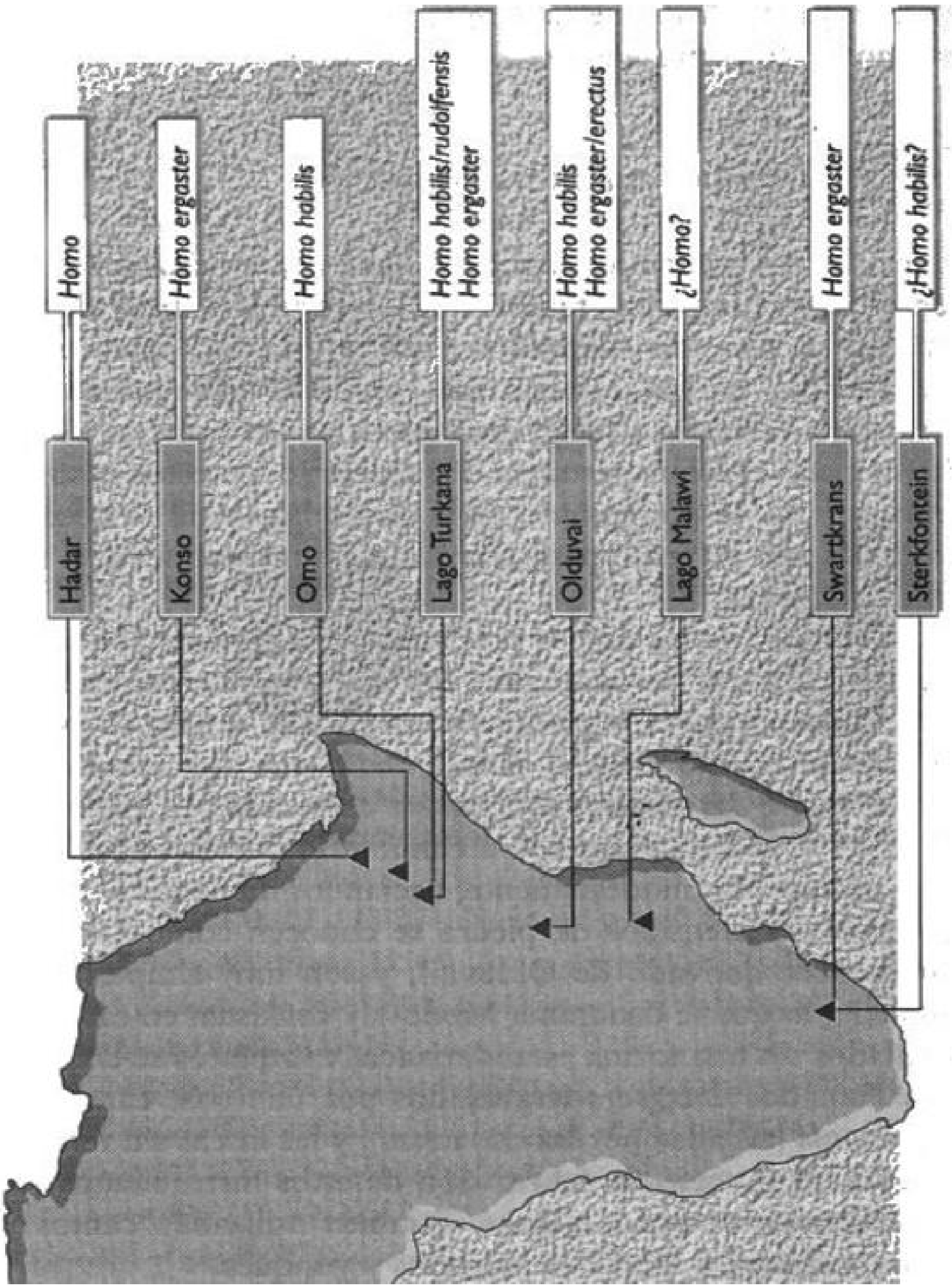
Por otra parte, si se contempla la existencia del *Homo rudolfensis*, esta especie debería ser considerada como una línea evolutiva lateral dentro del *Homo*, puesto que la anatomía de su aparato masticador está demasiado especializada para proponerla como la antepasada del resto de las especies del género. La posición del *Homo habilis* como especie primigenia del *Homo* no se vería en absoluto modificada.

Nuestro árbol evolutivo de los homínidos implica que el centro de origen de los parántropos estuvo en el este de África. Desde allí, representantes de este linaje alcanzaron los ecosistemas del sur del continente, en donde evolucionaron separados de sus congéneres esteafricanos para dar lugar a una especie diferente: *Paranthropus robustus.* Este fenómeno de evolución local de una población periférica ha sido común en la historia de los homínidos y volveremos a encontrarlo más adelante en la evolución del *Homo*.

Puesto que los fósiles más antiguos de nuestro género proceden del este del continente, la hipótesis más sencilla es la de admitir que también allí fue donde se originó nuestro género y desde donde habría alcanzado las tierras más meridionales de África.

Una vez presentado el registro de los homínidos más antiguos, planteado sus adaptaciones fundamentales y discutidas sus relaciones de familia, ha llegado el

momento de que nos preguntemos por otras cuestiones de su vida, tales como el tamaño de su encéfalo, su tipo de alimentación, su desarrollo, su sexualidad y su sociabilidad.



MAPA 3. Situación de los yacimientos con fósiles de los primeros representantes de Homo.

Capítulo 8
La evolución del encéfalo

Conocí por ello que yo era una sustancia cuya esencia y naturaleza toda es pensar.
RENÉ DESCARTES, *Discurso del Método*.

Contenido:

1. El órgano de la inteligencia

Los seres humanos nos caracterizamos por poseer una inteligencia mucho más desarrollada que el resto de los animales. Aunque eso que llamamos «inteligencia» es un concepto de difícil definición y muy problemática medida, es evidente que está relacionado con algunas habilidades en las que somos únicos. Hasta la fecha ningún otro animal ha sido capaz de escribir un libro, componer una sinfonía, viajar a la Luna, diseñar y construir una computadora o, sencillamente, preguntarse sobre su origen y destino.

La región de nuestro organismo encargada de realizar estas funciones es el encéfalo, que está alojado en el interior de la cavidad craneal y se compone de tres órganos, el cerebro, el cerebelo y el bulbo raquídeo (figura 8.1). De una manera muy general se puede decir que las funciones superiores relacionadas con la inteligencia se llevan a cabo en el cerebro (por ejemplo la capacidad de abstracción, la asociación de información o la habilidad para codificar y descodificar información en un lenguaje articulado), que está dividido en dos hemisferios (derecho e izquierdo). El cerebelo se encarga de la coordinación motora general y del equilibrio

del cuerpo, mientras que el bulbo raquídeo constituye un auténtico «piloto automático» encargado de regular funciones tales como el ritmo respiratorio y el latido cardíaco.

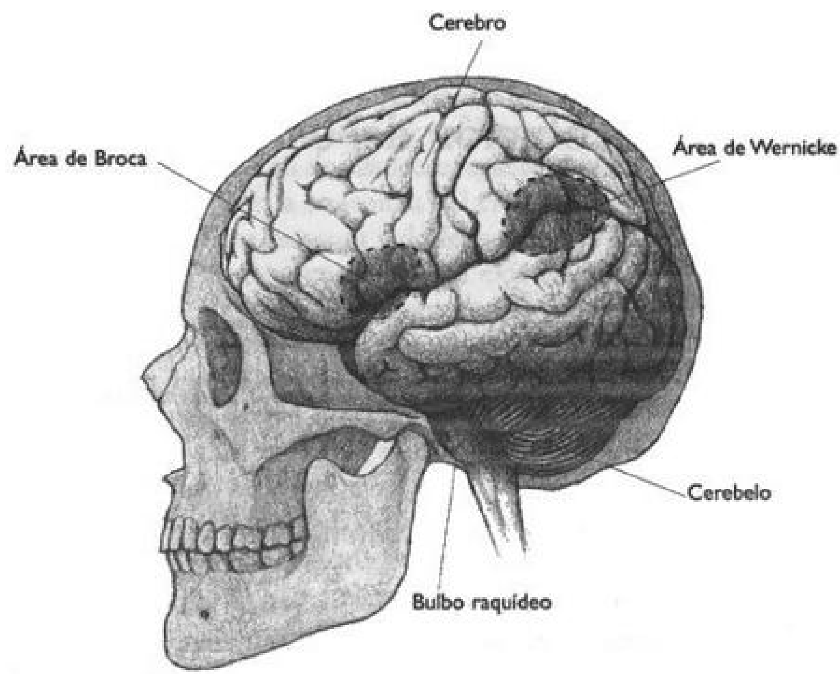


FIGURA 8.1. Encéfalo humano. Se destacan las áreas de la corteza cerebral directamente relacionadas con el lenguaje.

Las investigaciones dedicadas a estudiar la evolución del encéfalo en los homínidos se han enfocado en dos aspectos básicos: cuantificar el aumento de tamaño del propio encéfalo a lo largo de la evolución de los homínidos, o proceso de encefalización, y analizar la morfología de sus órganos, especialmente la de uno de ellos: el cerebro.

2. Encéfalos grandes y pequeños

Cuando en nuestros cursos preguntamos cuál es la especie animal con el encéfalo mayor, la práctica totalidad de los alumnos responde inmediatamente que la especie humana. Forma parte de nuestro acervo cultural el convencimiento de que, en estrecha relación con su superior inteligencia, nuestra especie es la más encefalizada del Reino Animal y que ésta es la característica fundamental que nos

distingue del resto de los animales. Sin embargo, esto no es cierto, o al menos no lo es en términos absolutos.

El tamaño promedio (expresado en peso) del encéfalo humano está en torno a los 1250 g, y aunque es superior al de cualquier otra especie de primate (los chimpancés y gorilas presentan promedios cercanos a los 400 y 500 gramos respectivamente) o al de la mayoría de los animales, es claramente inferior al de los grandes mamíferos, cuyos encéfalos son mucho mayores que el nuestro: el de la ballena azul (el animal más grande que jamás haya existido) ronda los 6800 g y el del elefante africano (el mayor mamífero terrestre vivo) está en torno a los 5700 g.

¿Quiere esto decir que las ballenas azules y los elefantes están más encefalizados y son, por tanto, más inteligentes que los humanos? Por supuesto que no. Lo que sucede es que, como el trabajo del encéfalo consiste en coordinar el funcionamiento del resto del cuerpo, es previsible que los cuerpos más grandes requieran encéfalos también mayores para su adecuada coordinación, por lo que a la hora de establecer la comparación entre el tamaño encefálico de dos especies hay que contemplar el efecto del tamaño corporal sobre el tamaño del propio encéfalo.

Una manera sencilla de relacionar el tamaño del cuerpo con el del encéfalo consiste en dividir el peso del segundo entre el peso del primero; de este modo hallaremos la proporción existente entre ambos. Cuanto mayor sea dicha proporción más gramos de encéfalo tendrá un animal por cada gramo de peso corporal. A primera vista, ésta parece la forma más adecuada de comparar el tamaño encefálico entre animales de tallas diferentes. Sin embargo, tampoco así aparecen los humanos como la especie más encefalizada del Reino Animal. Paradójicamente, somos superados por los mamíferos más pequeños, que presentan encéfalos proporcionalmente mayores para su peso corporal.

¿Debemos resignarnos, ahora, a aceptar que los mamíferos más pequeños están más encefalizados que nosotros? Podemos respirar tranquilos, las musarañas no tienen un encéfalo más desarrollado que el nuestro. Lo que sucede es que el tamaño del encéfalo aumenta más despacio que el tamaño del cuerpo, o dicho de otro modo, que el encéfalo se va haciendo proporcionalmente menor al aumentar el tamaño de los mamíferos. Este fenómeno, el cambio en las proporciones entre los órganos al aumentar el tamaño corporal, es muy común en los seres vivos y fue

descubierto durante los años veinte de nuestro siglo, recibiendo el nombre de *alometría* o Ley de la Disarmonía.

La alometría se puede producir durante el crecimiento de un organismo y así, por ejemplo, un niño recién nacido tiene la cabeza proporcionalmente mayor que la de un adulto y sus extremidades son relativamente más cortas. Si un niño de esa edad creciera manteniendo las proporciones infantiles, el resultado sería un adulto cuyo aspecto nos resultaría muy chocante (figura 8.2)

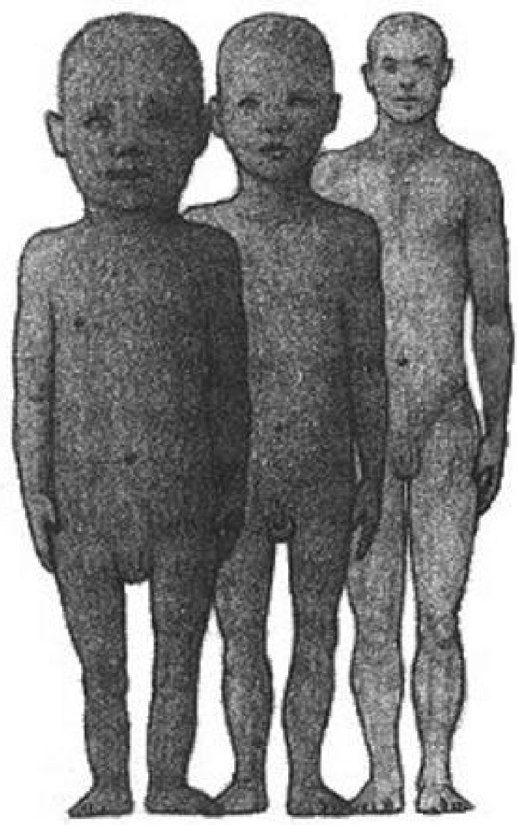


FIGURA 8.2. Cambio de proporciones entre las partes del cuerpo (alometría) durante el crecimiento. A la izquierda un niño recién nacido, en el centro un niño de 3 años, a la derecha un adulto. Todos al mismo tamaño.

También puede existir alometría entre los adultos de la misma especie. Un buen ejemplo de ello lo constituye la variación del «peso ideal» en relación con la estatura. A medida que la estatura aumenta el «peso ideal» se va haciendo relativamente mayor: a una mujer de 150 centímetros le corresponden 47 kg de

«peso ideal» (315 g por cada centímetro), mientras que otra de 180 cm debería tener un «peso ideal» de 67 kg (372, g por cada centímetro). Pero el tipo de alometría que más nos interesa es el que tiene lugar entre especies del mismo grupo. Éste es el caso de la variación del tamaño del encéfalo en relación con el tamaño corporal en los mamíferos que, como ya hemos comentado, se va haciendo proporcionalmente menor al aumentar el peso corporal: mientras que en los chimpancés el cociente entre el peso encefálico y el corporal arroja una cifra promedio de alrededor del 0,01 (1 g de encéfalo por cada 100 g de peso corporal), en el caso del lémur ratón (un pequeño primate de Madagascar de tan sólo 60 g de peso corporal y 1,8 g de masa encefálica) el valor está en torno al 0,03 (es decir, 3 g de encéfalo por cada 100 g de peso corporal).

Dado que el encéfalo de los mamíferos crece alométricamente respecto del tamaño corporal, la única manera de comparar el encéfalo de especies de tamaños diferentes es la de calcular el peso encefálico que debería tener cada una de ellas según su peso corporal y comparar dichos «pesos encefálicos ideales» con sus pesos encefálicos reales. Aquella especie que presente un mayor superávit en el peso encefálico será la más encefalizada.

Es evidente que la clave para realizar la comparación entre especies de distinto tamaño estriba en el cálculo de los valores esperados de sus respectivos pesos encefálicos. Para ello, se ha calculado, a partir del análisis de numerosos datos de peso encefálico y peso corporal en un gran número de especies de mamíferos, la regla matemática que relaciona el peso corporal de un organismo con su «peso encefálico ideal».

3. Campeones de la encefalización

El peso encefálico que le corresponde a un organismo en función de su peso corporal es el *valor esperado* (su «peso encefálico ideal»), mientras que al tamaño que realmente tiene su encéfalo podemos denominarlo *valor encontrado*. El índice entre ambos valores (encontrado/esperado) se conoce como *índice de encefalización* y mide la disparidad entre el tamaño que debería tener el encéfalo de un animal y el tamaño que en realidad tiene.

Cuando el índice de encefalización de una especie es igual a 1 podemos decir que sus valores esperado y encontrado son iguales y, por tanto, que su encéfalo es el que le corresponde por su tamaño. Si el valor del índice es menor de 1, entonces el valor encontrado es menor del esperado y la especie tiene un encéfalo menor del que le correspondería, mientras que valores del índice superiores a 1 indican encéfalos mayores de lo esperado.

Distintos autores han calculado los índices de encefalización en un gran número de especies de mamíferos, siendo sus resultados coincidentes en una serie de puntos.

En primer lugar, los primates aparecen como un grupo de mamíferos altamente encefalizados (pero no los más encefalizados, como se sostiene a menudo). Así, los valores de los índices de la práctica totalidad de los primates estudiados son mayores que 1.

El segundo resultado que llama la atención es el hecho de que la especie *Homo sapiens* es la más encefalizada de todos los mamíferos. Su índice arroja una cifra superior a 7. Es decir, que nuestro encéfalo es más de siete veces mayor de lo que le correspondería a un mamífero de nuestro peso corporal.

Finalmente, hay un hecho que merece la pena destacar: las especies que aparecen como más próximas a los humanos en cuanto a encefalización no son otros primates sino los cetáceos; en especial los delfines, con valores de los índices de encefalización mayores de 4.

Estos resultados avalan la idea generalizada de que la especie humana es la más encefalizada del Reino Animal. Pero ¿es ésta una característica común a todos los homínidos?

4. Pesando fantasmas

Aunque el encéfalo no fosiliza sí lo hace el cráneo, en cuyo interior se encuentra la cavidad que lo alberga. En aquellos cráneos que preservan la totalidad o una buena parte del neurocráneo es posible medir el volumen de la cavidad que aloja al encéfalo y como éste ocupa la práctica totalidad de aquélla, el volumen de la cavidad craneal (capacidad craneal) puede usarse como una medida del volumen del propio encéfalo. Estudios experimentales realizados en primates y seres humanos han venido a demostrar que la capacidad craneal es casi una medida

directa del peso del encéfalo, de manera que a una capacidad de 1000 cc le corresponde un peso de 971 g.

Otra cuestión es la de estimar el peso corporal a partir de los fósiles. Aquí el problema es más complicado porque no existe ninguna medida esquelética que refleje directamente el peso del cuerpo que tenía un individuo. Para afrontar este problema los paleontólogos parten de un hecho evidente: que el tamaño de los huesos está relacionado con el propio tamaño del cuerpo, por lo que huesos grandes deben corresponder a individuos también grandes.

Sin embargo, no todos los huesos del cuerpo siguen esta norma. Por ejemplo, hemos visto que los parántropos presentan un aparato masticador muy desarrollado debido a su peculiar adaptación alimentaria. Pues bien, si aplicamos a las mandíbulas de los parántropos la regla de que huesos (y dientes) grandes reflejan tamaños corporales grandes, nuestra conclusión debería ser que estos homínidos presentaban tamaños corporales próximos a los de las hembras de gorila.

Este error se cometió en el pasado y es el origen del adjetivo «robusto» que suele darse a los parántropos.

Para poder hacer estimaciones fiables del peso corporal de los homínidos fósiles es preciso emplear huesos o partes de huesos que estén claramente comprometidos con la función de soportar el peso del cuerpo. Hay varios huesos que cumplen este requisito en los seres humanos actuales.

En nuestra especie, el peso del tronco, de las extremidades superiores y de la cabeza se transmite a través de la región lumbar de la columna vertebral hasta la región sacra en la cadera. Desde aquí, pasa alternativamente en cada zancada a cada uno de los fémures (que deben soportar además el peso de la pierna que está en el aire) y a través de éstos hasta los huesos del pie (que resisten la práctica totalidad del peso corporal en cada paso). Las vértebras lumbares y sacras, los coxales y los huesos de las extremidades inferiores son, pues, buenos candidatos para estimar el peso corporal de un individuo.

Tampoco todas las dimensiones de un hueso son igualmente apropiadas para realizar la estimación del peso. Por ejemplo, la longitud del fémur tiene más que ver con la estatura del individuo que con su peso corporal. Como el peso del cuerpo se transmite de un hueso a otro a través de las superficies de articulación entre ellos,

éstas sí que están directamente relacionadas con aquél. La presión que se ejerce sobre una articulación es directamente proporcional al peso corporal e inversamente proporcional a su superficie; por tanto, para evitar que la presión sobre una articulación aumente con el incremento de peso (y se lesionen los cartílagos y los tejidos óseos) se hace necesario un aumento correlativo de su superficie, de modo que superficies articulares grandes delatan pesos grandes.

Una vez determinados los huesos y las regiones anatómicas que son pertinentes para el cálculo del peso corporal, aún es preciso resolver otro problema. ¿Cuál es la relación matemática que existe entre las superficies articulares de cada hueso y el peso corporal?

Esta cuestión puede ser abordada analizando los datos de superficies articulares y pesos corporales en primates vivos para deducir la función matemática que los relaciona. Pero ya hemos visto que no todas las especies de primates tienen los mismos tipos de locomoción ni las mismas proporciones corporales, factores estos que determinan cómo se transmite el peso del cuerpo. Por ejemplo, en los antropomorfos, que se apoyan en sus cuatro extremidades al desplazarse por el suelo, el húmero está más comprometido en la transmisión del peso mientras que el fémur soporta menos carga que en los humanos modernos. Puesto que los primeros homínidos eran plenamente bípedos, la comparación con nuestra especie parece la más pertinente. No obstante, como hemos tenido ocasión de comentar en capítulos precedentes, las proporciones corporales de los australopitecos y parántropos parecen haber sido intermedias entre las de los antropomorfos y las nuestras, por lo que los datos referidos a estos primates también han de ser contemplados a la hora de estimar el peso corporal de los homínidos fósiles.

Otro escollo se interpone en el camino de los paleontólogos a la hora de estimar el peso de los homínidos pretéritos: se trata de la precariedad del propio registro fósil. Son pocos los esqueletos más o menos completos que se conocen de los primeros homínidos y sólo en contadas ocasiones ha sido posible deducir el peso de un individuo a partir de varios huesos (lo que permite afinar en el cálculo). Tampoco se conocen muchos huesos susceptibles de ser empleados para cada especie, por lo que se dispone de un número muy limitado de estimaciones para alguna de ellas. Una última dificultad añadida es el hecho de que no siempre es fácil asignar un

hueso del esqueleto postcraneal, hallado aislado, a una especie concreta de homínido.

A pesar de todos los inconvenientes, investigadores como Henry McHenry y William Jungers han realizado numerosas investigaciones que, a partir de la evidencia disponible y utilizando diversas técnicas estadísticas (y una buena dosis de sentido común), han arrojado resultados comparables.

Los australopitecos y parántropos parecen haber tenido un peso corporal muy parecido entre sí. Recordemos que las cifras promedio de peso corporal en los machos y hembras del *Australopithecus afarensis*, la especie en la que la estimación del peso puede hacerse con mayor precisión, eran de 30 kg y 45 kg respectivamente. El *Homo habilis* no parece haber sido mayor que los australopitecos y parántropos, mientras que los valores estimados para el *Homo ergaster* superan los 55 kg, indicando un claro incremento del peso corporal hasta valores similares a los de nuestra propia especie.

5. El tamaño encefálico de los homínidos fósiles

Una vez estimado el peso corporal, sólo necesitamos conocer el peso encefálico de los homínidos fósiles para poder calcular sus índices de encefalización. Los promedios[3] de dichos pesos en las distintas especies de homínidos son: *Australopithecus afarensis*: 426 g; *Australopithecus africanus*: 436 g; *Paranthropus robustus:* 523 g; *Paranthropus boisei*: 508 g; *Homo habilis/Homo rudolfensis*: 619 g; *Homo ergaster*: 805 g.

Con todo ello, es posible calcular los índices de encefalización de los primeros homínidos.

Dichos índices arrojan los siguientes valores: *Australopithecus afarensis*: 1,3; *Australopithecus africanus*: 1,4; *Paranthropus boisei*: 1,5; *Homo habilis/rudolfensis*: 1,8; *Homo ergaster*: 1,9. La muestra de *Paranthropus robustus* es demasiado escasa como para poder calcular el índice con una razonable fiabilidad.

---

[3] Aunque los promedios de peso encefálico permiten caracterizar a las distintas especies, los rangos de variación de éstas pueden solaparse y coincidir los valores superiores de una con los inferiores de otra. Éste es el caso, por ejemplo, de Paranthropus boisei y Homo habilis: la primera especie tiene un promedio de peso encefálico de 508 gramos pero su rango de variación se extiende desde los 470 gramos (del fósil ER 13750) hasta los 590 gramos (del ejemplar de Konso); por su parte, Homo habilis presenta un promedio de 619 gramos pero incluye ejemplares con sólo 503 gramos (como ER 1813) y otros con 661 gramos (OH 7), o 736 gramos, si se incluye en ella al fósil ER 1470 (tal y como hemos hecho en nuestros cálculos).

A partir de estos valores, podemos extraer algunas conclusiones de gran interés. En primer lugar, los australopitecos y parántropos presentan un grado de encefalización superior al de los chimpancés (1,2) pero netamente inferior al de los primeros representantes del *Homo*, cuyos índices de encefalización son más de un 50% mayores que el de los chimpancés y representan casi los dos tercios del valor de los humanos modernos[4] (2,9). En segundo lugar, el aumento de tamaño del encéfalo que se produjo en el *Homo ergaster* con relación al *Homo habilis* se vio compensado por un aumento de la misma proporción en el tamaño corporal, resultando así índices de encefalización muy similares para ambas especies.

De modo que un marcado incremento en la encefalización está ligado al origen del género *Homo*. ¿Pero acaso este salto cuantitativo puede dar cuenta por sí solo de la mayor complejidad psíquica de los primeros humanos, especialmente a partir del *Homo ergaster*?, ¿los encéfalos de los primeros humanos eran sencillamente más grandes que los de los australopitecos y parántropos o eran también diferentes en su organización? Para contestar a estas preguntas es preciso abordar el estudio de la parte del encéfalo que es responsable de eso que llamamos inteligencia: el cerebro.

6. La superficie del cerebro

El cerebro está constituido por dos distintas sustancias: la materia blanca, que forma la parte interna del cerebro y constituye la mayor parte de su volumen, y la materia gris, que está prácticamente confinada a una delgada capa superficial o corteza (córtex). La materia gris está constituida por los cuerpos de las neuronas (las células altamente especializadas que forman el tejido nervioso), mientras que la materia blanca está compuesta por las prolongaciones de dichas neuronas (axones) que sirven para conectar y relacionar a las neuronas entre sí.

La corteza cerebral de los vertebrados no mamíferos tiene una extensión muy reducida y está ligada únicamente al análisis de estímulos olfativos, conociéndose

[4] El cálculo de los índices de encefalización lo hemos realizado con una fórmula distinta a la empleada en el apartado en el que se comparaba la encefalización de los mamíferos en su conjunto, y donde nuestra especie arrojaba un valor de 7. En esta ocasión, hemos empleado la fórmula que estima el peso encefálico ideal a partir de datos referidos a primates haplorrinos. En este nuevo cálculo, nuestra especie ofrece un valor de 2,9. Es decir que tenemos un encéfalo 7 veces mayor de lo esperado para un mamífero de nuestro peso corporal, pero sólo 1,9 veces mayor de lo que le correspondería a un primate haplorrino de nuestro tamaño. Recordemos que los primates son unos mamíferos muy encefalizados.

como *paleocórtex*. En los mamíferos, el cerebro está más desarrollado y aparece una nueva zona de la corteza cerebral, el *neocórtex*, que se dispone por encima del paleocórtex. En los antropomorfos y humanos el neocórtex forma la práctica totalidad de la corteza cerebral.

La superficie de nuestro cerebro no es lisa, sino que presenta una topografía muy compleja en la que se pueden distinguir una serie de surcos (en realidad son repliegues de la corteza cerebral) llamados *sulcos*, que delimitan zonas en relieve positivo conocidas como *circunvoluciones*.

Cuando los sulcos están bien marcados reciben el nombre de fisuras (o *cisuras*) y separan entre sí amplias zonas del cerebro o lóbulos, que son cuatro en cada hemisferio cerebral: el lóbulo frontal, el lóbulo temporal, el lóbulo parietal y el lóbulo occipital. De manera aproximada, los lóbulos están situados en la misma región que los huesos de los mismos nombres (figura 8.3).

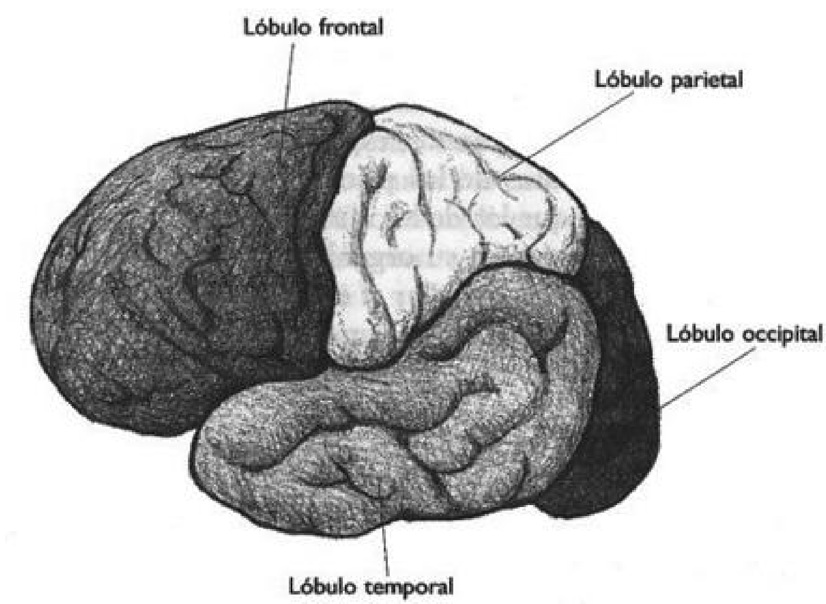


FIGURA 8.3. Esquema de un cerebro humano mostrando los lóbulos.

El cerebro humano y el de los antropomorfos están especializados en sus funciones y es posible localizar en la superficie cerebral regiones que están asociadas a tareas específicas. Estos mapas funcionales pueden relacionarse con la topografía superficial de sulcos, circunvoluciones, fisuras y lóbulos, de modo que examinando

la superficie cerebral se puede analizar el desarrollo relativo de cada área funcional concreta e intentar traducirlo en habilidades y comportamiento del animal.

Aunque las diferencias morfológicas entre el cerebro humano y el de los antropomorfos son numerosas, en relación con su diferente psiquismo, sólo la evolución de alguna de ellas puede ser rastreada en los fósiles debido a una serie de circunstancias que limitan nuestro conocimiento sobre la superficie cerebral de los homínidos fósiles. En primer lugar, no disponemos de ningún cerebro fósil sino de moldes (naturales o artificiales) de la cavidad del cráneo, y, aunque las paredes internas del cráneo reproducen la morfología general de la superficie cerebral, no lo hacen con el suficiente detalle como para precisar los límites exactos de la mayoría de las áreas del cerebro. Esto es debido a que el cerebro está cubierto por una triple envuelta membranosa: las meninges.

Además, cuanto mayor es el encéfalo de un organismo, más imprecisas y tenues son las impresiones del cerebro sobre la superficie interna del cráneo. Por otra parte, determinadas regiones de la superficie cerebral dejan impresiones más detalladas que otras. Así por ejemplo, las impresiones del lóbulo occipital son más leves que las del lóbulo frontal. Por todo ello, los estudios sobre la paleoneurología de los primeros homínidos están limitados a sólo algunos aspectos concretos de la morfología cerebral.

Respecto al cerebro de los australopitecos y parántropos, hay disparidad de opiniones entre las dos máximas autoridades mundiales en este tema. Para Ralph Holloway, en estos homínidos ya existen evidencias de reorganización cerebral respecto de los antropomorfos, que se reflejan, por ejemplo, en cierto desarrollo del *área de Broca* (relacionada con la producción del habla y de la que nos ocuparemos en el capítulo dedicado al lenguaje). Sin embargo, Dean Falk opina que la superficie cerebral de parántropos y australopitecos es claramente similar a la de los antropomorfos, sin que existan evidencias de reorganización del cerebro.

Pese a estos diferentes puntos de vista, Holloway y Falk sí coinciden en apreciar claros indicios de una reestructuración cerebral, similar a la de los humanos modernos, en los fósiles de los primeros representantes del *Homo*. Estos indicios se pueden resumir en dos grandes procesos: la aparición de asimetrías marcadas entre

los hemisferios cerebrales y la mayor complejidad de la morfología del lóbulo frontal.

El cerebro humano es claramente asimétrico y aunque también los antropomorfos y simios en general presentan asimetrías cerebrales, éstas no tienen la naturaleza ni el alcance de las que son típicas entre los humanos. Las asimetrías que caracterizan al cerebro humano están directamente relacionadas con la especialización funcional de los hemisferios cerebrales que tiene lugar en el ser humano. Este fenómeno es conocido como *lateralización del cerebro* y parece ser característico de nuestra propia especie. Hablando en términos generales, el hemisferio izquierdo está especializado en las funciones relacionadas con el lenguaje, los movimientos de precisión de la mano derecha, la capacidad de análisis y la percepción de secuencias temporales. Por su parte, el hemisferio derecho está más dedicado a tareas tales como la habilidad de la mano izquierda, la capacidad de captar procesos de manera global, el reconocimiento de rostros, la visión espacial, las habilidades musicales, el control del tono de la voz, y la expresión y reconocimiento en otros de las emociones.

Además de otras funciones (como el control de las funciones motrices primarias) el lóbulo frontal del cerebro es el responsable de una serie de capacidades psíquicas que son exclusivas de los seres humanos o que encuentran entre nosotros su máxima expresión. Entre estas capacidades están la de establecer la secuencia de movimientos del aparato fonador que componen el habla, el control de las emociones, la posibilidad de concentrarse en una tarea, la planificación, la anticipación de acontecimientos, el mantenimiento de una idea en la mente durante largo tiempo y el control del uso de la memoria para integrar experiencias y aprendizajes previos en la toma de decisiones. Empleando una metáfora, podríamos decir que el lóbulo frontal es el «director de orquesta» de nuestro cerebro.

A lo largo de la evolución humana el lóbulo frontal ha experimentado una gran expansión, tanto en términos absolutos como en proporción al resto del cerebro. Pero recientes investigaciones realizadas por un grupo de científicos encabezados por Katerina Semendeferi apuntan a que el volumen de nuestro lóbulo frontal es el esperado para un primate que tuviera un cerebro del tamaño del nuestro. Puesto que el lóbulo frontal aparece como la región más «humana» de nuestro cerebro,

quizás el aumento del tamaño del encéfalo no sea más que una consecuencia de la ventaja selectiva que confirió a nuestros antepasados el poseer lóbulos frontales cada vez más desarrollados. O dicho en otros términos, es razonable suponer que el gran tamaño del cerebro de nuestra especie no es la causa de nuestros grandes lóbulos frontales sino su consecuencia. Si este punto de vista resultara ser cierto, el desarrollo del lóbulo frontal habría sido el motor de nuestra encefalización.

En cualquier caso, lo que sí es seguro es que la superficie del lóbulo frontal se ha ido haciendo cada vez más complicada, debido a un aumento en el número de sulcos que no es explicable sólo en función del mayor tamaño del cerebro humano.

Estas características, asimetría cerebral ligada a la lateralización funcional y mayor complejidad estructural del lóbulo frontal, aparecen claramente registradas en los moldes endocraneales del *Homo habilis/Homo rudolfensis* y *Homo ergaster*. Es decir, que ya desde los primeros humanos, y acompañando a la expansión del encéfalo, encontramos indicios claros de una estructura cerebral parecida a la nuestra.

Para finalizar con el cerebro de los primeros homínidos, podemos preguntarnos sobre cuál fue la ventaja cardinal que el nuevo tipo de cerebro prestó a nuestros antepasados y que propició su selección. A este respecto podemos contemplar dos hipótesis.

En primer lugar, la propuesta por Robin Dunbar y Leslie Aiello, que liga el *incremento del neocórtex* (es decir, del cerebro) a la mejora de las habilidades sociales dentro del grupo. El aumento de tamaño y la reorganización del cerebro humano estarían, según estos autores, ligados al desarrollo de la «inteligencia social». Volveremos sobre esta hipótesis cuando hablemos de la biología social de los primeros homínidos.

Por otra parte, Falk ha relacionado las modificaciones que tuvieron lugar en el cerebro de los primeros humanos con una capacidad muy concreta: el *lenguaje*. Esta autora argumenta que puesto que uno de los centros cruciales para el habla humana se encuentra en el lóbulo frontal, y dado que la producción y descodificación del lenguaje son funciones claramente lateralizadas en el cerebro humano, tanto la lateralización como el aumento de la complejidad estructural del lóbulo frontal están relacionadas con el desarrollo de las capacidades lingüísticas de

nuestros primeros antepasados. Salta a la vista lo complementario de las hipótesis de Dunbar y Aiello y de Falk puesto que la principal habilidad social es, posiblemente, la capacidad de comunicarse de manera eficiente con los demás.

No obstante, las capacidades lingüísticas de los primeros humanos son objeto de gran controversia. Volveremos sobre este tema en el capítulo dedicado al lenguaje.

7. El tamaño de la mente

En el último cuarto del siglo pasado estuvo muy de moda en determinados círculos científicos el ligar la inteligencia humana con el tamaño del encéfalo. Con el fin de conocer las variaciones de la inteligencia en la especie humana se realizaron, en aquellos años, series de medidas del tamaño encefálico en numerosos cráneos y cadáveres pertenecientes a personas de ambos sexos. Estos estudios fueron realizados principalmente por Paul Broca (1824-1880), profesor de Cirugía de la Facultad de Medicina de París, y sus discípulos. Uno de los resultados de aquellos estudios que más trascendencia ha tenido es el hecho de que las mujeres tienen, en promedio, un encéfalo menor que el de los varones. Este dato fue usado para afirmar que, como consecuencia de su menor masa encefálica, las mujeres son intelectualmente inferiores a los varones.

Hoy, a finales del segundo milenio, esta historia puede parecer rancia para muchos de nuestros lectores. Sin embargo, el argumento de la menor masa encefálica de las mujeres como indicativo de su mermada inteligencia aparece con cierta persistencia aún en nuestros días.

Tal como hemos tenido ocasión de ver en las páginas precedentes, no es el tamaño absoluto del encéfalo lo que guarda relación con el tamaño de la mente, sino la proporción entre aquél y el tamaño corporal o grado de encefalización. Los encéfalos de las mujeres son, en promedio, más pequeños que los de los varones porque también ellas tienen, por término medio, un tamaño corporal menor. Tanto las mujeres como los varones tenemos el encéfalo que corresponde a nuestros respectivos tamaños; o dicho de otro modo, ambos sexos estamos igualmente encefalizados.

Capítulo 9
Dientes, tripas, manos y cerebro

Compárese un hombre que, por haberse dedicado habitualmente al estudio y a los trabajos del espíritu que han hecho sus digestiones más difíciles, ha contraído el hábito de comer muy poco, con otro que hace habitualmente mucho ejercicio, sale a menudo de casa y come bien; el estómago del primero no tendrá apenas facultades y una pequeña cantidad de alimento lo llenará, mientras que el del segundo habrá conservado e incluso aumentado las suyas.

JEAN-BAPTISTE DE LAMARCK, *Filosofía zoológica.*

Contenido:

1. Tipos de dietas

Es un debate corriente en nuestra sociedad el de si somos «por naturaleza» vegetarianos o carnívoros. En realidad muchos vegetarianos militantes también admiten en su dieta la leche y sus derivados, que son productos de origen animal, así como los huevos. Dado que por otro lado no hay casi nadie que sea exclusivamente carnívoro por convicción, la discusión se establece por lo general

entre ovo-lacto-vegetarianos y omnívoros, que además de vegetales, huevos y productos lácteos también consumen carne y pescado. Conviene dejar claro al lector, antes de seguir adelante, que está científicamente demostrado que ambos tipos de dietas, si están equilibradas, son saludables. Sin embargo, la mayor parte de los especialistas no dirían lo mismo de la dieta vegetariana estricta.

Pese a ello, hay quien opina que como monos que somos nos corresponde ingerir sólo vegetales, ignorando que muchos primates se alimentan en mayor o menor medida de invertebrados, insectos especialmente, y pequeños vertebrados. Pero como la diversidad de los primates es tan grande, quizá convendría que nos fijáramos sólo en nuestros parientes más próximos. A decir verdad, los grandes antropomorfos se alimentan casi exclusivamente de vegetales, sobre todo frutos maduros, hojas, tallos y brotes tiernos. Los orangutanes y chimpancés comen más frutos, son más frugívoros, que los gorilas, que consumen más bien hojas, brotes y tallos; éstos son, pues, más folívoros.

Todo tiene sus ventajas e inconvenientes; los frutos son considerablemente más nutritivos porque tienen mayor proporción de hidratos de carbono de tipo simple como la glucosa, fructosa y sacarosa. Las hojas y tallos tiernos son sin duda más abundantes, pero a cambio es mayor su contenido en fibras, que son hidratos de carbono que no asimilamos, como la celulosa (aunque también son importantes para una buena digestión). Sin embargo, aunque nadie clasificaría a los chimpancés como depredadores, se les ha visto cazar monos y crías de antílopes u otros pequeños mamíferos. También consumen insectos en forma de orugas, hormigas o termitas. En resumen, si bien son fundamentalmente vegetarianos, parecen gustarles las proteínas animales.

En el caso de nuestra especie no podemos confiar en que los estudios de «campo» nos resuelvan el problema de cuál es la alimentación natural del hombre en su medio. Desde que se «inventaron» la agricultura y la ganadería en el Neolítico, hace diez mil años, los alimentos de origen animal y vegetal se consumen en proporciones diversas según la cultura de que se trate. No obstante, la mayor parte de la humanidad se ha alimentado, y aún lo sigue haciendo, básicamente de las semillas duras de los cereales: trigo, arroz, maíz, cebada, avena, centeno, mijo... Otra parte importante del sustento humano son las semillas secas de las legumbres

(judías, garbanzos, lentejas...). Todas estas semillas (cereales y legumbres) son ricas en hidratos de carbono de cadena larga (sobre todo almidón), que se componen de muchas unidades. Las legumbres tienen una fracción de proteínas (en torno al 20% de su peso) mayor que los cereales (alrededor del 10%), aunque en ambos casos son proteínas de baja calidad, en el sentido de que son incompletas; ahora veremos por qué.

Las proteínas son largas cadenas de unas unidades llamadas aminoácidos. De los veinte tipos de aminoácidos que existen en las proteínas, los humanos sólo podemos sintetizar once, y el resto, los llamados aminoácidos esenciales, hemos de adquirirlos con la comida. Pues bien, cinco de estos aminoácidos esenciales son menos abundantes en los alimentos y algunos llegan a faltar en determinados cereales y leguminosas, aunque pueden conseguirse todos con una adecuada mezcla de varios tipos de estos productos vegetales.

Una característica interesante de cereales y legumbres es que no se consumen como tales, y precisan elaboración. Para ello, como mínimo hacen falta molinos, para producir harina, y fuego, agua y un recipiente de cerámica para cocer y ablandar. Son, por tanto, en cierto modo alimentos poco «naturales».

El resto de los aportes vegetales de la dieta humana está constituido por los tubérculos, como la patata, rica en almidón, y por las hortalizas y verduras. Estas últimas representan diversas partes de las plantas, desde hojas (como la lechuga o las espinacas), bulbos (como la cebolla, el ajo, el puerro), raíces (como las zanahorias o las remolachas), inflorescencias (como la coliflor y las alcachofas), tallos (como el apio) o frutos (como el tomate y los pimientos). Las hortalizas y verduras tienen mucha agua y proporcionan pocas calorías. Por último están las frutas carnosas, que son en realidad un tipo de frutos. Aunque algunas verduras se suelen consumir con poca elaboración, sólo las frutas se comen tal cual, sin añadirles nada ni cocinarlas.

Mención aparte merecen los frutos con cáscara (como la almendra, la avellana y la nuez), que son muy nutritivos por su riqueza en grasas, pero que están bastante bien protegidos de nuestros frágiles dientes. Por cierto, que mientras una avellana es una nuez en sentido botánico, la almendra y el fruto del nogal en realidad son unos frutos carnosos con un hueso interno que encierra el alimento (técnicamente

una drupa como las cerezas y las aceitunas, sólo que en éstas lo que se come es la envoltura carnosa).

El total de proteínas que requiere nuestra alimentación es más bien pequeño; incluso entre deportistas superentrenados no llega a 1,5 g por 1 kg de peso corporal, y en la mayoría de nosotros el total no alcanza los 100 g. Por tanto, no se precisa de un gran aporte de productos de origen animal y claramente se consumen en exceso en los países del Primer Mundo.

Vemos pues que existen grandes diferencias entre los hábitos alimenticios de los antropomorfos y los nuestros, al menos desde el Neolítico. Estableciendo un paralelismo con la alimentación humana podríamos decir que los antropomorfos se alimentan de hortalizas y frutas, mientras nosotros (como especie) nos sustentamos más bien a base de las semillas duras de los cereales, que son un tipo de gramíneas, y de las semillas, también secas, de las leguminosas.

Es interesante el dato de que los grupos humanos no agricultores ni ganaderos que se han conocido y estudiado en época histórica cazan, pescan y recolectan animales y vegetales muy diversos, que varían en función de diversos factores, como las disponibilidades del medio o de la época del año, sin que se hayan conocido casos de grupos exclusivamente cazadores o exclusivamente vegetarianos, salvo quizá los esquimales, cuya economía descansaba hasta hace poco casi sólo en la caza y en la pesca; aunque éste no deja de ser un caso extremo dadas las especiales características de su medio, helado gran parte del año y desprovisto de cubierta vegetal.

¿Cómo podemos abordar esta cuestión desde la perspectiva paleontológica? Estudiando la única parte del cuerpo directamente relacionada con la alimentación que fosiliza: los dientes y, en su conjunto, el aparato masticador.

2. Mamíferos carnívoros y mamíferos herbívoros

Los mamíferos carnívoros han adaptado sus dientes a las funciones que tienen que realizar. Dentro de los carnívoros hay una gran diversidad de formas, pero en todos ellos existen unas piezas dentarias especializadas en cortar la carne, llamadas muelas carniceras (estas piezas son el último premolar superior y el primer molar inferior). Lo que caracteriza a las muelas carniceras es que proporcionan un filo muy

cortante que permite literalmente trocear la carne de los animales muertos (figura 9.1).

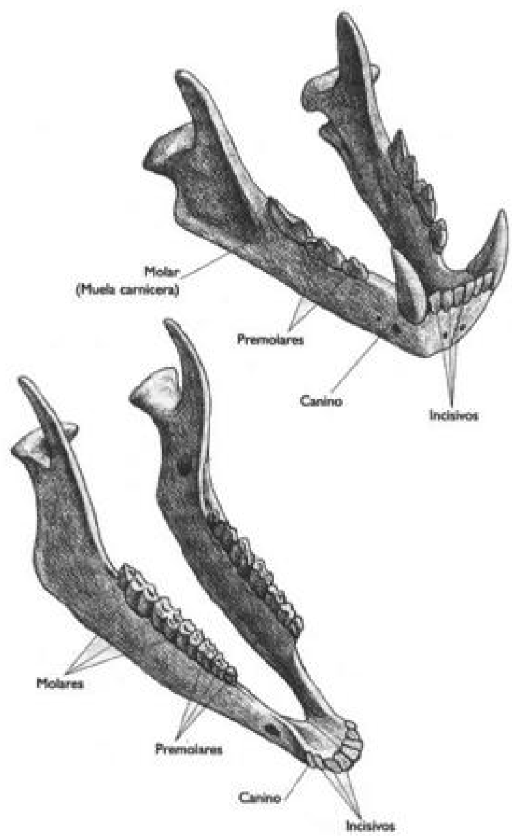


FIGURA 9.1. Arriba, mandíbula de león. Abajo, mandíbula de oveja.

Las proteínas y grasas animales son muy energéticas, tienen un alto poder calórico y, además, son fáciles de digerir. Esto quiere decir que no es necesario preparar este tipo de alimento en la boca antes de que sea engullido, por lo que la masticación no es prolongada y todo el trabajo consiste en reducir el cuerpo del animal muerto a trozos de un tamaño apto para pasar por el esófago. Las muelas carniceras funcionan como una cizalla, al modo de unas tijeras, quedando la carnicera superior por fuera de la inferior cuando se cierra la boca. Este movimiento de cizalla hace que se afilen entre sí las muelas carniceras, que al desgastarse la una contra la otra se van transformando en afiladas navajas. A diferencia de nuestros cuchillos de cocina, el uso mejora el filo de las muelas carniceras y aumenta su eficacia, en vez de embotarlo o mellarlo.

Los carnívoros también necesitan instrumentos para dar muerte a sus presas, y los caninos, que comúnmente se llaman colmillos, están muy desarrollados para cumplir esta función. El caso más extremo dentro de los carnívoros terrestres lo constituyen los félidos, la familia de los gatos, leones, tigres... En estos animales, los incisivos son pequeños, y los caninos muy grandes; las muelas carniceras están muy desarrolladas y son las últimas piezas de la dentición (aunque arriba queda por detrás un vestigio de molar).

Una dentición parecida a la de los grandes gatos la presentan las hienas, que en realidad comen lo mismo que los félidos aunque no siempre maten a sus presas (no obstante, se ha comprobado que las grandes hienas manchadas también son poderosos cazadores en grupo). Las hienas han añadido al repertorio dental de los félidos unos dientes cónicos muy desarrollados (el penúltimo premolar arriba y abajo), que usan como martillos para triturar los huesos de los grandes herbívoros. Cuando ya han terminado con su trabajo los depredadores y la mayor parte de los carroñeros, todavía quedan los huesos más resistentes, en los cuales se halla encerrado un material muy graso, y por tanto muy energético, el tuétano. Las hienas pueden acceder a este recurso con sus premolares especializados. A partir de un momento dado, otros animales empezaron también a competir por el tuétano contenido en los huesos de recias paredes de los grandes herbívoros; esta vez se trata de unos primates, los humanos, que aunque no disponen de medios naturales hacen uso de herramientas de piedra para partir los huesos.

Pero no todos los carnívoros terrestres están tan especializados en la dieta, y por tanto en la dentición, como los gatos. Los mustélidos (la familia del tejón, nutria, garduña, marta, visón, comadreja...), los cánidos (grupo de los zorros, lobos, coyotes, licaones...), los úrsidos (osos), vivérridos (como la gineta o el meloncillo), presentan unos molares situados por detrás de las muelas carniceras que ofrecen superficies de masticación en vez de filos cortantes. Incluso las muelas carniceras inferiores tienen una parte anterior más o menos cortante y otra posterior no cortante. Esto indica que en su dieta se incluyen también alimentos vegetales de más difícil asimilación, y que necesitan ser previamente masticados, insalivados y pre digeridos en la cavidad oral. El famoso oso de las cavernas, un gigantesco animal mayor que cualquier oso actual y que convivió con el *hombre de Neandertal*

y con el de *Cromañón*, era fundamentalmente vegetariano, como indican sus grandes molares.

Ni que decir tiene que los grandes herbívoros también han modificado sus dientes para la función que les corresponde realizar. Las grandes formaciones herbáceas, como las estepas, las praderas o las pampas, ofrecen enormes cantidades de alimento vegetal que, sin embargo, es pobre en el aspecto nutritivo porque las plantas que lo componen son ricas en fibras como la celulosa. Para asimilar este alimento hace falta una pre-digestión intensa en la boca, donde las fibras son reducidas a una pasta que luego será procesada en el tubo digestivo. Pero para ello hace falta el concurso de unos microorganismos simbiontes (básicamente bacterias), que viven en el intestino de los herbívoros y son capaces de hacer el milagro de descomponer la celulosa en hidratos de carbono asimilables por el herbívoro.

Estos mamíferos presentan un diseño crestado de la corona que aumenta la eficacia de sus plataformas masticadoras. El trabajo de maceración y reducción a pulpa de la materia vegetal se ve potenciado si las superficies que se frotan una contra otra tienen crestas, como en las muelas de los molinos tradicionales (figura 9.1).

Los premolares y molares de los herbívoros han de soportar un intenso desgaste, ya que los fibrosos tallos de plantas como las gramíneas llevan además partículas minerales que las hacen más duras y abrasivas; tienen en consecuencia coronas muy altas para durar más tiempo y amplias superficies de masticación, y no hay en ellos ningún filo para cortar la carne.

3. Los dientes de los primates

¿Cómo es la dentición de nuestros más próximos parientes, los grandes antropomorfos? ¿Y cómo es la nuestra, similar a la de los herbívoros, comparable a la de los carnívoros, o del mismo tipo que la de los grandes antropomorfos? En estos últimos los incisivos son grandes, y los caninos también, especialmente en los machos. Este desarrollo de los caninos es general en todos los simios, sobre todo en los machos, y no indica una adaptación a la dieta carnívora. Los caninos constituyen instrumentos de agresión dentro de la especie y de defensa frente a los depredadores.

Los papiones o babuinos, los geladas y los mandriles son muy conocidos por los enormes caninos de sus machos, que los convierten en animales respetados por consumados depredadores de monos como el leopardo o incluso el león. Sin embargo, no se los puede considerar en modo alguno carnívoros aunque en ocasiones puedan capturar insectos, pequeños vertebrados o crías de mamíferos.

En los monos del Viejo Mundo y los antropomorfos los premolares tienen dos cúspides (como en los humanos), pero el premolar inferior situado en posición más adelantada es estrecho y alargado, y la cúspide exterior predomina tanto sobre la interior que puede considerarse que sólo tiene una cúspide. El borde posterior del canino de arriba se afila contra el borde anterior del primer premolar inferior, formando así una cizalla. Este tipo de premolar anterior cortante se denomina *sectorial*. Además, suele existir un espacio entre el incisivo lateral superior y el canino superior, espacio que sirve para alojar el canino inferior cuando se cierra la boca, y se conoce como *diastema*.

Más interés presentan los molares para inferir el tipo de dieta. Existe una diferencia fundamental entre los monos del Viejo Mundo y los antropomorfos en las coronas de los molares.

En los monos del Viejo Mundo las muelas tienen dos crestas transversales cada una. Estos monos presentan una gran variedad de tipos de dietas, pero el diseño de dientes con crestas es, como hemos visto, propio de mamíferos que consumen productos vegetales que precisan una cierta preparación en la cavidad oral. En particular, en el grupo de los colobos y langures, cuya alimentación es muy abundante en hojas, las cúspides son más altas y las crestas más agudas.

En los antropomorfos, las cúspides, cuatro en los molares superiores y cinco en los inferiores, representan colinas aisladas y separadas por valles (sin las crestas transversales de los monos del Viejo Mundo). Si el lector quiere ver en directo cómo es este modelo sólo tiene que mirarse sus propias muelas en un espejo (en el caso de que los empastes no hayan alterado los relieves de la corona) (figura 2.1). Éste es un diseño no especializado en ningún sentido que se acomoda bastante bien al tipo general de alimentación de los antropomorfos, en los que entran frutos carnosos y también partes menos tiernas de los vegetales. Estas últimas son más abundantes en los gorilas, que se han hecho demasiado grandes para trepar por los

árboles en busca de frutos; en consonancia con su dieta fibrosa, el relieve de las cúspides de los molares se ha vuelto más elevado en los gorilas.

Los grandes antropomorfos en general, y sobre todo los chimpancés, tienen unos incisivos centrales superiores muy grandes y con un borde cortante recto que funcionan como cinceles. Los incisivos superiores laterales son menores, y aún más los inferiores, pero todos tienen un borde cortante recto y la misma función de cincel. Es muy difícil comerse una manzana sólo con los premolares y molares. Los dientes anteriores (incisivos y caninos) cumplen esa función de trocear las frutas que tienen cierto tamaño, antes de ser masticadas por los dientes posteriores (premolares y molares).

Nosotros los humanos modernos hemos modificado considerablemente la dentición de nuestros antepasados. Para empezar, nuestros incisivos no son tan grandes como en los antropomorfos. No existen diastemas dentarios y las puntas de los caninos apenas se proyectan más allá de la superficie de masticación de los demás dientes; además, el desgaste hace que el ápice de los caninos enseguida se enrase con la superficie de los dientes adyacentes. En humanos y antropomorfos los incisivos tienen forma de espátula, es decir, son bastante planos y su anchura aumenta desde la base de la corona (o cuello) hasta el borde cortante. En los antropomorfos los caninos tienen una forma cónica, pero en los humanos la forma es más parecida a la de los incisivos, es decir, espatulada, ensanchándose progresivamente hasta poco antes de la punta del diente (bastante roma por otro lado).

El primer premolar inferior tiene en los humanos dos cúspides como los demás premolares y no se afila contra el borde posterior del canino superior. La disposición de los dientes en los antropomorfos deja a los incisivos muy por delante de los caninos. Estos últimos se alinean con premolares y molares, de forma que las arcadas dentarias tienen lados paralelos y forma en «U».

Entre nosotros las arcadas dentarias tienen forma parabólica o elíptica.

4. La dentición de los primeros homínidos

De todos los homínidos fósiles, el que más se parece a los antropomorfos vivientes es el *Ardipithecus ramidus*. En él, los caninos se proyectan considerablemente,

aunque no tanto como en los antropomorfos, y el primer premolar inferior es sectorial. Otros rasgos típicos de los antropomorfos, que se han ido perdiendo en la evolución humana, se encuentran en este homínido, como por ejemplo la morfología de la arcada dentaria, que muestra el dibujo en «U» con lados paralelos. No se han conservado paladares pero a tenor del tamaño de los caninos cabe imaginar que existiría un diastema superior bien desarrollado.

En el *Ardipithecus ramidus* la primera muela de leche tiene una cúspide principal muy destacada, como en los antropomorfos, característica esta que jamás se había visto antes en un homínido (en todos los demás tienen varias cúspides de similar tamaño). Tan significativo es este rasgo que un pequeño fragmento de mandíbula que muestra un primer molar de leche de forma cónica ocupó la portada del histórico número de la revista *Nature* donde, el 22 de septiembre de 1994, se publicó el descubrimiento del *Ardipithecus ramidus*.

Ya se ha comentado que el esmalte es además delgado en esta especie. En conclusión, no puede suponérsele al *Ardipithecus ramidus* un tipo de alimentación muy diferente de la de los chimpancés vivientes. Hay un rasgo, sin embargo, que merece un momento de atención. Aunque los caninos están muy proyectados en comparación con los humanos modernos, no lo están tanto como en los antropomorfos, ni tienen la misma forma que en éstos. Como ya se ha mencionado, entre nosotros los caninos son espatulados o incisiviformes, es decir, que se parecen a los incisivos, y tal condición aparece ya esbozada en el *Ardipithecus ramidus*; además, el borde anterior del primer premolar de la mandíbula no se afila con el uso contra el canino superior (como ocurre entre los antropomorfos). De hecho, este cambio, aunque leve, en la funcionalidad del conjunto canino superior/primer premolar inferior es uno de los principales argumentos para admitir al *Ardipithecus ramidus* en la familia de los homínidos. Toda esta combinación de rasgos hace que Tim White y sus colegas atribuyan a esta especie un papel crucial en la evolución humana, como antepasado de todos los homínidos posteriores, y por tanto nuestro primer antepasado conocido. Dada su antigüedad (4,4 m.a.) será difícil que se encuentren formas de homínido mucho más primitivas.

Aunque cuando se descubrieron los primeros fósiles del *Australopithecus afarensis* parecieron el colmo del primitivismo (lo mismo había ocurrido mucho antes con el

Australopithecus africanus), a la vista de los rasgos tan arcaicos del *Ardipithecus ramidus* se puede apreciar que ya habían cambiado muchas cosas en el *Australopithecus afarensis*, algunos de cuyos fósiles muestran todavía primeros premolares inferiores con una cúspide muy predominante (mientras otros ya tienen dos), los diastemas en las arcadas dentarias superiores son pequeños cuando existen y los caninos se proyectan menos y son más incisiviformes que en el *Ardipithecus ramidus*. Lo más importante es que en el *Australopithecus afarensis* se ha producido un aumento del tamaño de los molares, sobre todo en anchura, respecto del *Ardipithecus ramidus*. Esto, unido al engrosamiento del esmalte dentario, nos indica que ha tenido lugar un cambio ecológico importante, con una alimentación todavía vegetal en la que productos duros y abrasivos han cobrado importancia. No hay en la morfología dental ningún rasgo que indique un aporte significativo de carne. Nuestros primeros antepasados, tanto los que vivían aún en el bosque húmedo, caso del *Ardipithecus ramidus*, como los que ya habían empezado a explotar los recursos de los bosques secos y aclarados, caso del *Australopithecus afarensis*, no eran cazadores sino vegetarianos. Dicho de un modo más dramático, los primeros homínidos no se bajaron de los árboles para hacerse «monos asesinos», ni fue su gusto por la carne lo que los llevó a abandonar la selva.

El registro fósil es aún pobre para la especie *Australopithecus anamensis*, pero se dispone de alguna información sobre el aparato masticador de estos fósiles intermedios entre el *Ardipithecus ramidus* y el *Australopithecus afarensis*. El maxilar y la mandíbula de Kanapoi, así como los dientes que conservan, tienen características muy primitivas, pero el engrosamiento del esmalte y un cierto aumento del tamaño de los molares parecen haberse producido ya.

Los rasgos que diferencian al *Australopithecus afarensis* del *Ardipithecus ramidus* se encuentran aún más acusados en el *Australopithecus africanus*; por ejemplo, en esta última especie todos los primeros premolares inferiores tienen dos cúspides.

5. Tamaño de los molares y forma de la mano

Una característica del aparato masticador que sólo hemos mencionado de pasada está estrechamente relacionada con el tipo de alimentación. Se trata de las

dimensiones de la superficie de masticación. Esta variable depende también del tamaño del individuo, así que es preciso separar los dos factores (tamaño corporal y tipo de dieta). Si una especie muestra una gran diferencia de talla entre los sexos, los machos tendrán dientes mayores que las hembras, y no sólo los caninos, que no están directamente relacionados con la alimentación, sino también los premolares y molares, que sí lo están. Esto se debe simplemente a que al ser mayor el cuerpo que hay que mantener, hace falta procesar una cantidad mayor de alimento, es decir, aumentar el trabajo de la masticación. Por eso los gorilas tienen dientes mayores que los chimpancés. Pero, por otro lado, los dientes de los gorilas tienen más trabajo que los de los chimpancés porque los gorilas incorporan a su dieta productos vegetales que son más fibrosos y menos nutritivos que las frutas carnosas que consumen los chimpancés. En consecuencia, los científicos tienen que ingeniárselas para establecer qué parte de la diferencia de tamaño dental entre las dos especies se debe a diferencias en la talla corporal, y qué parte obedece al modo de alimentación.

Como se puede ver es un problema similar al del tamaño relativo del cerebro que ya hemos discutido, y se resuelve de la misma manera. Se puede construir un *índice de megadoncia* entre el tamaño real de los molares en una especie fósil determinada (valor que se pone en el numerador) y el que le correspondería a un primate de su tamaño (en el denominador). Este último valor hipotético se calcula a partir de una ecuación que relaciona el tamaño de los molares y el del cuerpo para un conjunto de especies actuales. También podemos abordar el problema de una forma más directa: una hembra promedio de *Australopithecus afarensis*, que pesaría algo menos que una hembra promedio de chimpancé, debería tener molares ligeramente menores que la hembra de chimpancé si su alimentación fuera la misma. Sin embargo, son mayores en la especie fósil, lo que indica que la dieta era distinta y la masticación más trabajosa en el *Australopithecus afarensis*. En cambio, los molares del *Ardipithecus ramidus* son menores que los del *Australopithecus afarensis* y comparables a los de los chimpancés, como lo sería también su dieta. Henry McHenry ha calculado, del modo explicado arriba, un índice de megadoncia (este autor mide la superficie de masticación para el conjunto formado por el último premolar y los dos primeros molares). El valor del índice del *Australopithecus*

afarensis es casi el doble que el de los chimpancés, lo que indica ya un cambio de dieta hacia vegetales más duros. El tamaño relativo de la superficie de masticación sube algo en el *Australopithecus africanus* y continúa su aumento en el *Paranthropus robustus* y *Paranthropus boisei* (tres veces el de los chimpancés). En cambio, en el *Homo habilis* el valor vuelve a ser como en el *Australopithecus afarensis* y en el *Homo ergaster* se alcanza un valor similar al del chimpancé, que es muy parecido al nuestro.

Los parántropos son, con diferencia, los homínidos en los que la superficie de masticación es mayor, tanto en términos absolutos como en relación con el peso del cuerpo. Y no sólo han crecido los molares, sino que también los premolares, sobre todo el posterior, se han «molarizado», aumentando el número de cúspides y adquiriendo la forma de un molar. Por el contrario, los incisivos y caninos se han hecho muy pequeños, con lo que se ha producido un desequilibrio entre una dentición anterior (incisivos y caninos) muy reducida, y una dentición posterior (premolares y molares) ampliada.

Unos grandes caninos que sobresalen sobre el nivel de los dientes adyacentes, y tienen que ser alojados en los diastemas dentarios, dificultan los movimientos laterales de la mandíbula en su parte anterior. Este tipo de movimientos laterales se combina con los verticales de abrir y cerrar la boca para producir movimientos de rotación. Los movimientos de rotación son necesarios para moler alimentos vegetales duros. Los grandes antropomorfos no tienen este problema porque su dieta no exige tanta molienda. En el caso de los papiones, el morro es tan largo que es posible un cierto grado de rotación de la parte posterior de la mandíbula aunque en los machos la parte anterior esté bloqueada a causa del enorme desarrollo de los caninos. En los *Australopithecus, Paranthropus* y *Homo*, el desgaste de molares y premolares es muy intenso ya desde que salen estos dientes, cuyas superficies de masticación se vuelven característicamente aplanadas y sin apenas relieve, desapareciendo con rapidez el esmalte y aflorando cada vez más la dentina, que es el tejido que está debajo.

¿Cuál era la alimentación de los parántropos? Seguramente similar en gran parte a la de los papiones actuales, es decir, basada en semillas duras de gramíneas, legumbres tiernas o secas y frutos con cáscara (figura 9.2). También incluiría frutos

carnosos, como las moras, bayas, drupas... de más fácil masticación, así como órganos subterráneos de almacenamiento de las plantas, del tipo de los bulbos, tubérculos, rizomas carnosos, raíces tuberosas y engrosadas (los papiones comen prácticamente de todo, incluyendo pequeños animales).

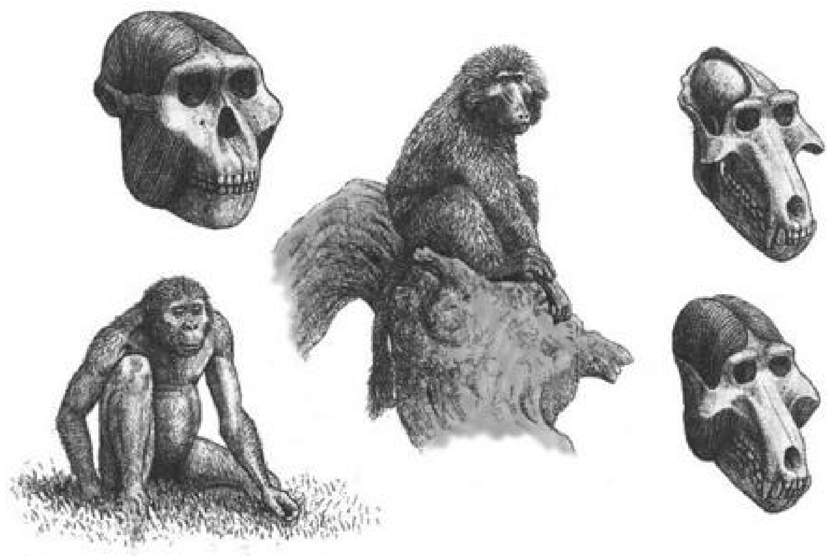


FIGURA 9.2. Paranthropus boisei y Theropithecus brumpti. Estos dos tipos de primates desarrollaron especializaciones hasta cierto punto semejantes en el aparato masticador, debido a un tipo de alimentación similar, con un componente importante de productos vegetales duros.

Ya hemos comentado que las semillas de las gramíneas y las leguminosas son alimentos ricos en hidratos de carbono (almacenado sobre todo en forma de almidón), y por tanto son productos muy nutritivos, aunque pobres en proteínas (las de las leguminosas tienen además que cocinarse para ser asimilables). Como el procesamiento en la boca de semillas duras es muy trabajoso, los parántropos desarrollaron un auténtico molino fisiológico, con la expansión de los premolares y molares, así como de los músculos que los movían y los huesos en los que éstos se anclaban. Esta potencia del aparato masticador también les vendría bien para partir la cáscara de algunos frutos ricos en grasas vegetales. Los órganos de almacenamiento subterráneo de algunas plantas aportarían hidratos de carbono y algunas proteínas, aunque la tierra que inevitablemente masticarían con ellos

contribuiría al desgaste dentario. Los papiones, y sobre todo sus parientes los geladas que viven en las altas planicies etíopes casi en su totalidad desprovistas de árboles, pueden asimilar hierbas y tallos de gramíneas, pero ésta es una especialización única que no cabe suponer, en principio, a los homínidos.

Algunos autores piensan que los parántropos, y también los australopitecos, usarían palos para excavar la tierra y extraer, por ejemplo, los bulbos o los tubérculos. También es posible que unos y otros incluyeran en su dieta productos de origen animal, como hacen cuando pueden papiones y chimpancés. Sin embargo, la idea mantenida por Dart y Le Gros Clark de que los primeros homínidos eran depredadores a gran escala que mataban a sus presas con instrumentos está hoy totalmente desacreditada. En un magnífico ejemplo de análisis tafonómico, Bob Brain demostró que los homínidos que se acumulaban en las cuevas de Sudáfrica no eran sus feroces ocupantes, sino presas aportadas por los auténticos cazadores: los leopardos. Los papiones, gacelas y otros herbívoros cuyos restos se encuentran junto con los homínidos, habrían corrido la misma suerte que éstos. El propio Niño de Taung ha sido recientemente considerado por Lee Berger y Ron Clarke una víctima de un depredador, aunque esta vez alado: un águila.

Un aspecto interesante de la alimentación de los papiones es que requiere una cierta capacidad de manipulación de pequeños objetos, como semillas, con la mano. No se ha publicado cómo era la mano del *Ardipithecus ramidus*, pero es posible que los primeros homínidos (esta especie o una anterior) tuvieran una morfología de la mano similar a la de los antropomorfos, es decir, con un dedo pulgar acortado y la palma y los otros dedos alargados. Recordemos que ésta es una adaptación para colgarse de las ramas formando un gancho con la mano.

En el *Australopithecus afarensis* la mano es ya casi igual a la nuestra, aunque las falanges presentan una mayor curvatura, que recuerda algo a la de los chimpancés; además, el dedo pulgar es proporcionalmente algo más corto y el resto de la mano ligeramente más larga que en nuestra especie. En el yacimiento de Swartkrans se han encontrado huesos de la mano de tipo moderno. La mayor parte de los fósiles de Swartkrans son de *Paranthropus robustus*, pero, como también hay algunos de *Homo*, es imposible estar seguros de a quién pertenecen esos huesos de la mano. Sin embargo, podemos aventurar la hipótesis de que, al menos desde el

Australopithecus afarensis, los homínidos habían modificado su mano para disponer de plena capacidad de manipulación de pequeños objetos, en relación con los nuevos hábitos de alimentación.

Nuestra visión de los primeros homínidos ha cambiado mucho con el tiempo. En los primeros momentos se los imaginó como feroces depredadores de sabana, y luego como inofensivos vegetarianos, también de la sabana. En la actualidad se considera al *Ardipithecus ramidus* como un habitante de los bosques húmedos, y a todas las especies del género *Australopithecus* como vegetarianos en un hábitat mixto, llámese bosque seco y aclarado o sabana densamente arbolada.

Sólo hace 2,5 m.a. habrían aparecido dos tipos de homínidos realmente especializados en los medios abiertos: los parántropos y los primeros *Homo*.

6. Tripas y cerebro

En 1891, *sir* Arthur Keith hizo una observación que pasó desapercibida. Este científico había notado que en los primates existía una relación inversa entre el tamaño del cerebro y el del estómago. Sorprendentemente, cuanto mayor es el estómago menor es el cerebro, o, dicho con otras palabras, un primate no puede permitirse tener a la vez un sistema digestivo grande y un cerebro grande. Éste es un hecho que requería con urgencia una explicación. Sin embargo, esta explicación se demoró más de un siglo hasta que, en 1995, Leslie Aiello y Peter Wheeler propusieron una hipótesis que tiene una gran importancia para los estudios sobre la evolución humana.

Estos autores señalan que dado que el cerebro es uno de los órganos más costosos en el metabolismo de los individuos (la economía del cuerpo), un aumento de su volumen sólo sería posible a cambio de la reducción de otro órgano con similar consumo de energía. En relación con su peso, los órganos energéticamente más costosos del cuerpo humano son el corazón, los riñones, el cerebro y el conjunto formado por el tubo digestivo más el hígado; el cerebro representa el 16% de la tasa metabólica basal del organismo (el gasto energético, medido por unidad de tiempo, necesario para mantener las funciones vitales de un individuo en reposo), y el tubo digestivo un porcentaje próximo, el 15%. Ya vimos al tratar el tema de la encefalización que el ser humano tiene un cerebro bastante mayor de lo que le

corresponde a un hipotético primate no humano de nuestro tamaño; pues bien, nuestro tubo digestivo es menor de lo que le corresponde prácticamente en la misma proporción.

Aiello y Wheeler concluyen que la expansión cerebral que se produjo en el *Homo* sólo fue posible con un acortamiento del tubo digestivo. La longitud de éste depende del tipo de alimento que tenga que procesar; en los herbívoros es siempre mayor que en los carnívoros porque la carne es un alimento de fácil asimilación. Los herbívoros, por el contrario, necesitan largos tubos digestivos para poder metabolizar los vegetales que consumen, especialmente si éstos son ricos en celulosa.

Ya hemos comentado que hace unos 2,5 m.a. se instalan en los medios abiertos dos tipos de homínidos diferentes. Éste es un momento que muchos autores consideran importante desde el punto de vista del cambio climático, porque se produce un enfriamiento general del planeta que se traduce en el este de África en la definitiva expansión, a costa de los medios forestales cerrados, de las grandes formaciones herbáceas y de las sabanas (en las que también hay árboles y arbustos más o menos dispersos). De los dos tipos mencionados de homínido, uno es el de los parántropos, que adapta su aparato masticador para consumir los productos vegetales duros pero nutritivos de la sabana, de forma parecida a como lo hacen hoy los papiones.

Sin embargo, el cerebro de los parántropos no experimenta un grado tan importante de expansión como el del *Homo*. Habida cuenta de que esto supone un gasto energético extra, sólo caben dos soluciones. Una es incrementar la tasa metabólica basal de todo el organismo (el gasto energético global). No es éste el caso, porque los humanos tenemos la tasa que le corresponde a un mamífero de nuestro tamaño. La otra solución es reducir el consumo de otro órgano para equilibrar la economía energética del cuerpo. ¿Cuál será el órgano al que le tocará reducirse? No el corazón, ni los riñones, ni el hígado, que son partes vitales. En cambio, el tubo digestivo puede hacerlo si a cambio se mejora la alimentación, en el sentido de que aumenta la proporción de nutrientes de alta calidad, es decir, de fácil asimilación y gran poder calorífico. ¿Cuáles son estos productos de alta calidad que no formaban parte de la dieta de los parántropos? La respuesta sólo puede ser las

grasas y proteínas animales. Los primeros humanos habrían pasado a incorporar una proporción más alta que ningún otro primate de carne, a la que accederían primero como carroñeros y luego cada vez más como cazadores.

Este cambio de dieta no tendría por primera vez en la historia de los mamíferos una traducción en la morfología dental. No nos encontramos en los humanos con dientes que funcionan como percutores para triturar huesos, ni con piezas que actúan como cuchillas para trocear la carne, porque los instrumentos necesarios para partir los huesos y cortar la piel y la carne son extracorpóreos, y consisten en cantos y en los filos de las piedras talladas por los humanos.

Por tanto, la expansión cerebral del *Homo* sólo pudo ser posible a cambio de una variación en la dieta, que a su vez se traduce en la reducción del tamaño del tubo digestivo y, correlativamente, del aparato masticador. Aiello y Wheeler insisten en que eso no quiere decir que el cambio de dieta produjera automáticamente un aumento del tamaño del cerebro; sólo insisten en que era necesario que nos hiciéramos carnívoros para poder ser inteligentes (aunque ésta es una pescadilla que se muerde la cola porque los alimentos de alta calidad requieren de mayores capacidades mentales para ser localizados).

Los últimos parántropos desaparecieron en África, de donde nunca salieron, hace alrededor de 1 m.a. Quizá su nicho ecológico fue haciéndose cada vez menor por la competencia de los papiones y geladas y de los humanos, nuestros antepasados. Lo curioso del caso es que desde la expansión de la agricultura, la mayor parte de la humanidad se ha sustentado en gran medida de productos vegetales que, aunque cultivados, se parecen bastante en su composición a los que ingerían los parántropos. La diferencia es que nosotros no molemos las duras semillas de los cereales y leguminosas con los dientes, ni partimos los frutos con cáscara con ellos, sino que desde el Neolítico cocemos las semillas o las convertimos en harina gracias a molinos artificiales. A partir las nueces con una piedra aprendimos mucho antes.

Capítulo 10
El desarrollo

Sí; caminamos, y el tiempo también camina, hasta que, de pronto, vemos ante nosotros una línea de sombra advirtiéndonos que también habrá que dejar tras de nosotros la región de nuestra primera juventud.
JOSEPH CONRAD, *La línea de sombra*

Contenido:

1. El ritmo de las muelas

A grandes rasgos, las cuatro principales etapas de la vida en los primates catarrinos (entre los que nos encontramos) están marcadas por la salida de las tres muelas de la dentición definitiva. Con la emergencia de la primera muela termina lo que podríamos denominar la primera infancia, un período de muy fuerte dependencia de la madre, de la que la cría se separa poco, y que comprende básicamente la época de la lactancia (sólo en los humanos incluye algunos años más de desarrollo).

La aparición en la boca de la segunda muela definitiva coincide con el término de la *segunda infancia*, y el comienzo de las grandes transformaciones de la *pubertad*; al poco tiempo se detecta en los machos un aumento en el nivel de testosterona en sangre.

La salida de la tercera muela, la llamada muela del juicio, corresponde al final del desarrollo y al inicio de la vida adulta, si bien la fusión (soldadura) completa de todos los huesos es algo posterior.

Aunque las tres grandes épocas del desarrollo son en esencia las mismas en todos los primates, su duración en cambio es variable. En los humanos el desarrollo se

extiende a lo largo de unos veinte años, casi el doble que entre los grandes antropomorfos (chimpancés, gorilas y orangutanes). La primera muela de la dentición permanente sale en los chimpancés por término medio poco después de los tres años, y en nuestra especie a los seis; la segunda muela emerge en los chimpancés a los seis años y medio, mientras que entre nosotros lo hace poco después de los once; finalmente la tercera muela aparece hacia los once años y medio en los chimpancés y sobre los dieciocho en los humanos (aunque en las poblaciones actuales a veces ni siquiera salen las cuatro muelas del juicio, y cuando lo hacen, puede ser ya bien entrada la edad adulta). Entre las chimpancés, el primer celo, con la hinchazón característica de la zona anogenital, se produce entre los nueve y casi los catorce años, dependiendo del estado nutricional de la hembra (también en nuestra especie la primera regla o *menarquia* se produce antes, en promedio, en niñas bien alimentadas y sanas). Suele sobrevenir luego un período de infertilidad, como en las mujeres, hasta la primera concepción. En las chimpancés el primer parto tiene lugar en promedio sobre los catorce años. Un chimpancé puede alcanzar una longevidad en torno a los cuarenta años o más.

A pesar de este desfase en los tiempos de desarrollo entre los antropomorfos y nosotros, la correspondencia más o menos estrecha entre las etapas de la vida y la aparición de los dientes nos sirve para establecer el estado de desarrollo de un homínido fósil; aunque no sepamos su «edad cronológica» (es decir, cuántos años tenía cuando murió), sí conocemos su «edad fisiológica» (o sea, si era un crío pequeño, un niño más crecido, un adolescente o un adulto).

Así, el famoso Niño de Taung terminaba su primera infancia cuando el águila lo raptó, porque la primera muela estaba saliendo en ese preciso momento. Ahora bien, ¿qué edad tenía? Si murió entre los tres y los cuatro años eso quiere decir que el ritmo de desarrollo en el *Australopithecus africanus* era como en los chimpancés, mientras que si tenía seis, el desarrollo sería más lento, como entre nosotros. A su vez, cuando murió el Niño del Turkana ya le habían salido las segundas muelas. ¿Tendría alrededor de once años como un niño moderno en su estado de desarrollo óseo y dental, o tendría siete años como un chimpancé con su misma «edad fisiológica»? ¿Cómo saberlo?

Para intentar contestar a esta pregunta, empecemos por el principio de la existencia: el nacimiento.

2. El parto y el recién nacido

Poco antes de nacer, el feto se sitúa en posición invertida, con la cabeza en la parte superior de la pelvis (formada por las alas ilíacas y denominada *pelvis mayor* o *pelvis falsa*).

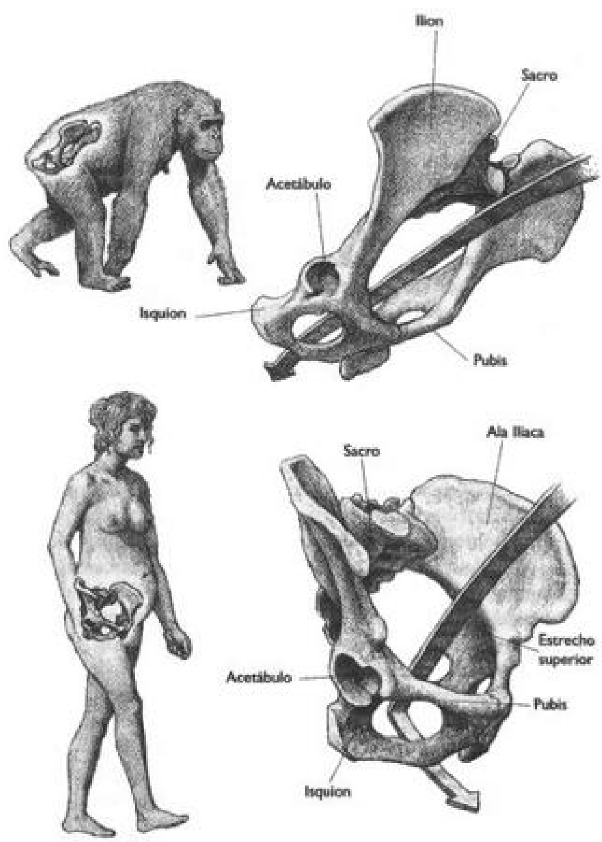


FIGURA 10.1. Morfología de la pelvis en una chimpancé y en una mujer. La flecha indica la trayectoria que describe el feto a término en el parto.

Durante el parto, el feto a término tiene que atravesar la parte inferior de la pelvis (conocida como *pelvis menor* o *verdadera*) por un conducto de paredes óseas que recibe el nombre de *cavidad pélvica* o *canal del parto*. Entre los chimpancés, gorilas y orangutanes el parto es fácil y rápido, porque el canal del parto es grande en relación con el tamaño de la cabeza del feto. En estos monos antropomorfos la

entrada al canal del parto (llamada estrecho superior o entrada de la pelvis) tiene forma ovalada, con su diámetro mayor dirigido de delante hacia atrás (orientación sagital o anteroposterior, se dice en anatomía), y su diámetro menor orientado transversalmente (de lado a lado). Como hemos visto, la modificación de la arquitectura de la pelvis necesaria para hacer posible la locomoción erguida aproximó las articulaciones del hueso coxal con la columna vertebral y con el fémur; en consecuencia, se acortó el diámetro sagital del canal del parto, y ésta es la causa de que existan complicaciones para dar a luz en nuestra especie.

En las mujeres la entrada al canal del parto no tiene forma ovalada, sino que es más bien redondeada (figura 10.1). El diámetro máximo del estrecho superior no es el sagital, sino en ocasiones el transversal y las más de las veces ni el sagital ni el transversal, sino los dos diámetros oblicuos o diagonales.

Por otro lado, la cabeza del feto a término es alargada, es decir, que su máximo diámetro es el anteroposterior (de la frente a la nuca). La posición de la cabeza del feto se acomoda al mayor de los diámetros del estrecho superior; es decir, generalmente a cualquiera de los dos oblicuos.

Como la mayor dimensión a la salida del canal de parto es siempre la sagital (en los humanos y en los demás primates), el cráneo y los hombros del feto humano tienen que entrar en el canal del parto con una orientación (transversal u oblicua) y salir con otra (sagital). O sea, que hay una rotación dentro del canal del parto tanto de la cabeza como, más tarde, de los hombros (figura 10.2).

Para complicar más las cosas, en nuestra especie la vagina está dirigida hacia delante, formando un ángulo recto con el útero, por lo que el feto a término al pasar por el canal del parto no describe una trayectoria rectilínea, sino una curva muy pronunciada que termina inmediatamente por debajo del hueso púbico, por donde emerge la cabeza del neonato. Para acomodarse a esa trayectoria curva, la columna vertebral del feto se arquea, flexionándose mucho la cabeza hacia la espalda y presentando al nacer la coronilla, es decir, con la cara mirando hacia atrás (en sentido contrario a la madre). En las hembras de los demás primates la vagina tiene la misma dirección que el útero, con el que está alineado, y el feto a término describe en el parto una trayectoria recta dirigida hacia atrás; por otro lado la cara del neonato mira hacia delante (en el mismo sentido que la madre).

En resumen, el parto en nuestra especie es ventral, y en el resto de los primates el parto es dorsal.

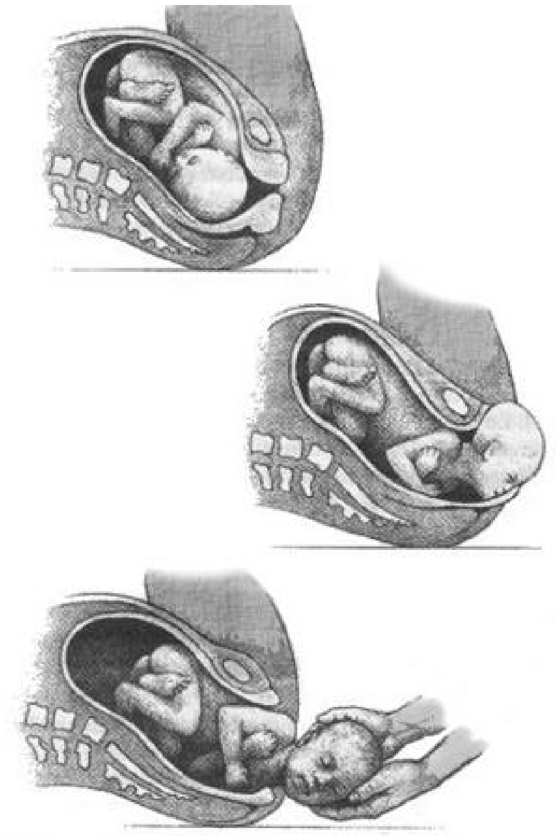


FIGURA 10.2. Flexión y torsión del feto durante el parto. En un primer momento (arriba), la cabeza se sitúa en una posición transversal o diagonal, y los hombros en posición sagital (es decir, en el plano medio del cuerpo). En un segundo momento (centro), la cabeza se dispone sagitalmente, y los hombros transversal o diagonalmente; al salir, la cabeza se flexiona mucho hacia detrás. Finalmente (abajo) la cabeza, ya fuera, se dispone transversalmente y los hombros giran para salir en posición sagital.

Karen Rosenberg y Wenda Trevathan han llamado la atención sobre el hecho de que entre los simios la madre puede ayudar a nacer a su hijo, guiándolo en el parto con las manos, limpiándole la nariz y la boca para que pueda respirar mejor y liberándolo del cordón umbilical si es que éste se le enreda alrededor del cuello. El parto en los primates es un hecho solitario, sin ayuda ajena.

Sin embargo, en nuestra especie la madre no puede ver la cara del neonato porque éste mira en dirección contraria, y cualquier intento de tirar de él podría, dada la posición de extrema flexión dorsal de la cabeza, ocasionarle daños en la médula espinal. Eso hace que en todas las culturas las mujeres busquen asistencia en el momento del parto; el parto humano es una actividad social, más que un comportamiento solitario.

Contamos con dos pelvis de australopitecos en razonable buen estado de conservación: la de Lucy y la de Sts 14 (un *Australopithecus africanus* de Sterkfontein). Ambas pertenecen a individuos de pequeño tamaño, y por ello muy probablemente femeninos. En la pelvis de Lucy la entrada del canal del parto es muy ancha en sentido transversal. Éste podría ser un rasgo propio de la especie o simplemente un carácter individual, ya que en Sts 14 la forma de la entrada al canal del parto parece más redondeada (en algunas mujeres el canal del parto es muy ancho transversalmente, una condición que se denomina *platipélica*). En todo caso, en Lucy la cabeza del feto se dispondría transversalmente, acomodándose a la forma del estrecho superior. Robert Tague y Owen Lovejoy opinan que a la salida del canal del parto la posición de la cabeza seguiría siendo la misma (con lo que no habría rotación), y que la trayectoria del feto sería recta y dirigida hacia atrás en vez de curva y dirigida hacia delante (figura 10.1). Ahora bien, éste sería un tipo de parto, transversal, sin equivalente conocido entre las especies de primates.

Sin embargo, la morfología del isquion y del pubis nos lleva a nosotros, como a Christine Berge, a considerar que la vagina se abría en las hembras de los australopitecos hacia delante, y no hacia atrás, con lo que el parto tendría en los australopitecos las características que tiene entre los humanos modernos, con rotación incluida y trayectoria curva.

Antes de seguir adelante con el parto en los primeros homínidos, detengámonos un momento a considerar las consecuencias de una afirmación del párrafo anterior. En los primates la vagina se abre dorsalmente y en las cópulas la penetración es desde detrás. Los gibones y orangutanes, que son muy arborícolas, con frecuencia copulan suspendidos de los brazos y cara a cara, pero chimpancés y gorilas copulan por detrás. El bonobo es muy variado en sus posturas, que incluyen la cópula por delante. En nuestra especie esta postura está favorecida por la posición ventral de

la vulva, y es la característicamente humana. También en eso somos originales, y de ser cierta nuestra suposición sobre la dirección de la vagina en los australopitecos, la cópula cara a cara también se daría en estos homínidos primitivos.

Se ha discutido mucho si en Lucy el parto sería tan laborioso como en las mujeres modernas, o tan simple como en los grandes antropomorfos. En realidad, estos últimos son la excepción a la regla de los primates; en los gibones y otros monos catarrinos y platirrinos los diámetros de la cabeza del feto tienen tamaños bastante próximos a los del canal del parto, con el resultado de que se dan con cierta frecuencia conflictos pélvico-cefálicos que terminan con la muerte del feto, de la madre, o de ambos. Ésta es una consecuencia desfavorable del hecho de que los simios tienen cerebros grandes en proporción con su, en general, pequeño tamaño corporal.

En las mujeres, el pubis es más largo (en relación con el tamaño general de la pelvis) que en los varones. Como el hueso púbico constituye la pared anterior del canal del parto, este alargamiento púbico de las mujeres produce un canal del parto más amplio. Lucy y Sts 14 tienen un pubis extraordinariamente largo, así como un canal del parto incomparablemente mayor, siempre en relación con el tamaño del cuerpo, que en las mujeres actuales. El pubis tan alargado de Lucy y Sts 14 se traduce en una morfología pélvica *hiperfemenina* según los patrones modernos. Éstas y otras características nos hacen pensar que la pelvis de los australopitecos estaba ya diseñada para resolver el problema del parto que la locomoción bípeda había generado.

Aunque este problema quizá no fuera tan agudo como en nuestra especie, se habría perdido la ventajosa situación de la que disfrutan las hembras de chimpancés, gorilas y orangutanes.

El problema de los ritmos de desarrollo se puede llevar hasta el momento del nacimiento, porque entre los monos antropomorfos el recién nacido viene al mundo con un cerebro que representa más de la tercera parte del volumen del cerebro del adulto, mientras que en nuestra especie representa menos de un cuarto. Eso quiere decir que el recién nacido humano está mucho menos desarrollado cerebralmente, y por tanto más desvalido cuando nace, que cualquier otro primate. Los primates en

general son un grupo de mamíferos que paren pocas crías cada vez (lo más frecuente es sólo una), que están muy desarrolladas al nacer. Esta precocidad también se da entre los antropomorfos, por lo que el estado retrasado de nuestros bebés debe ser una condición adquirida en nuestra línea evolutiva a partir de antepasados con neonatos más precoces.

No podemos saber directamente qué tamaño tenía el cerebro del recién nacido en los australopitecos, ya que no se ha encontrado el cráneo de ningún neonato, pero podemos abordar el problema de otro modo. Las pelvis de Lucy y Sts 14 nos permiten conocer las dimensiones del canal del parto a través del cual deben pasar la cabeza y los hombros del feto al nacer. Las dimensiones del canal del parto establecen el tamaño máximo del cráneo y del encéfalo del recién nacido, que en el caso de Sts 14 y Lucy sería comparable al de un chimpancé recién nacido, o tal vez algo mayor. Por otro lado, el tamaño cerebral del adulto promedio en el *Australopithecus afarensis* (la especie a la que pertenece Lucy), y en el *Australopithecus africanus* (la especie de Sts 14) también sería aproximadamente el mismo que en el chimpancé (es decir, de unos 400-410 g), o más bien algo superior. En consecuencia, el cociente entre el tamaño cerebral del recién nacido y el del adulto (que indica el grado de desarrollo cerebral del recién nacido) sería comparable en los grandes antropomorfos y en los primeros homínidos. Así pues, los neonatos de los primeros homínidos vendrían al mundo en un estado de desarrollo mucho mayor que el de los niños humanos, aunque el parto tuviera ya las características modernas por ser los australopitecos bípedos como nosotros.

Hemos visto ya que en el *Homo ergaster* el tamaño corporal había aumentado considerablemente respecto del de los australopitecos, parántropos y *Homo habilis*. Pero al mismo tiempo el volumen cerebral del adulto se duplicó. Es posible que el tamaño del cerebro del neonato también se duplicara, con lo que la proporción entre ambos tamaños cerebrales se mantendría. Pero también es posible que las dimensiones del canal del parto no aumentaran en la misma medida; en este caso el cerebro del feto no podría ser tan grande (ya que tiene que pasar por el canal del parto), sino que representaría un porcentaje menor del cerebro del adulto que en los australopitecos. Esto implicaría que el neonato vendría al mundo más atrasado y necesitaría mayores cuidados.

Aunque este supuesto concuerda con la idea general (que luego discutiremos) de que en el *Homo ergaster* ya se habían producido importantes transformaciones en la esfera social respecto de los australopitecos, e imaginamos un entorno social más protector, la realidad es que no puede probarse definitivamente que los niños de *Homo ergaster* nacieran más inmaduros. Por desgracia, la única pelvis de la especie de que disponemos es la del Niño del Turkana, que además de ser infantil está muy incompleta y no permite sacar conclusiones firmes a este respecto. No obstante, merece la pena mencionar que Christopher Ruff y Alan Walker han estimado a partir del Niño del Turkana un tamaño cerebral para el neonato de la especie que representa una cuarta parte del correspondiente al adulto; con todas las cautelas necesarias, eso implicaría un recién nacido retrasado ya en el *Homo ergaster*.

3. Infancia y adolescencia

Una vez que hemos establecido que el recién nacido de los australopitecos no estaría más adelantado que el de los grandes monos antropomorfos actuales, falta por establecer cuánto duraban las diferentes etapas de la vida en los primeros homínidos.

Cuando publicó su libro *Man-apes or Ape-men* en 1967, *sir* Wilfrid Le Gros Clark pensaba que el desarrollo de los australopitecos y parántropos se aproximaba al de los humanos modernos, es decir, era más lento y se prolongaba más tiempo que en los antropomorfos.

Afortunadamente, hay una manera de saber la edad de muerte en algunos casos, basada en el estudio de las líneas de crecimiento del esmalte de los dientes. El esmalte se deposita por capas cuando se forman las coronas de los dientes; si hacemos un corte a través del esmalte, los límites entre las capas se marcan como unas estrías llamadas de *Retzius*, que se pueden ver bien con un microscopio. Cada una de estas líneas corresponde al final de un ciclo de deposición de esmalte que dura aproximadamente una semana. Contando el número de estrías de Retzius de un diente cuya corona no haya completado su desarrollo, o lo haya hecho poco antes de la muerte del sujeto, se puede saber cuántas semanas han transcurrido desde que empezó a formarse el diente. Si se conoce cuándo tuvo lugar este comienzo, se puede determinar a qué edad murió el individuo. No es necesario

cortar un diente fósil para observar las estrías de Retzius, porque éstas se manifiestan en la superficie.

Este método de recuento se ha aplicado a los incisivos de algunos homínidos en los que la corona está recién formada o hace poco tiempo que ha terminado su formación. Hay un fósil de *Australopithecus africanus* (Sts 24, del yacimiento de Sterkfontein) y otro de *Australopithecus afarensis* (L.H. 2, de Laetoli) que muestran un estado de desarrollo dental próximo al del Niño de Taung. Recordemos que al principio del capítulo establecíamos la premisa de que si el Niño de Taung murió entre los tres y los cuatro años, debíamos concluir que el desarrollo en su especie (*Australopithecus africanus*) sería como el de los chimpancés. Pues bien, en Sts 24 y L.H. 2 se ha utilizado el método de las líneas de deposición de esmalte en los incisivos y se han obtenido edades de muerte comprendidas entre 3,2 y 4 años. Tim Bromage y Chris Dean, que han realizado esta investigación, obtienen también edades próximas a las de los chimpancés para la salida de los primeros molares en los parántropos. Todo parece indicar, por tanto, que *sir* Wilfrid Le Gros Clark estaba equivocado, y que las etapas de la vida de los australopitecos y parántropos no diferían en su duración de las de los grandes antropomorfos.

No se puede aplicar el método de recuento de las líneas de esmalte a los incisivos del Niño del Turkana, que ya era demasiado mayor para ello, con lo que no se sabe a ciencia cierta a qué edad murió. De acuerdo con los patrones humanos modernos de desarrollo lo habría hecho a los once años, mientras que según los de los chimpancés y gorilas habría muerto en torno a los siete años.

Por suerte, hay un método indirecto (aunque menos exacto) para aproximarse al problema. Se ha observado que en el conjunto de las especies de primates el tamaño del cerebro está muy estrechamente correlacionado con la longevidad y con la duración de las diferentes etapas de la vida. Cuanto mayor es el promedio cerebral de una especie más larga es la vida de los individuos que la componen y, por ejemplo, más tarde sale la segunda muela permanente. El volumen cerebral del *Homo ergaster* se situaría, en promedio, entre 800 y 900 cc; es decir, intermedio entre el de los chimpancés (y los australopitecos y parántropos) y el nuestro, por lo que puede, en principio, suponerse que el ritmo de desarrollo de la especie sería también aproximadamente intermedio, y el Niño del Turkana habría muerto hacia

los nueve o diez años. De ser así, nos encontraríamos con que en esta especie se ha producido un cambio significativo en la biología del desarrollo con respecto a los australopitecos y parántropos.

Para terminar con este apartado del desarrollo, hay un aspecto que nos queda por tratar. Al Niño del Turkana se le calcula una estatura en torno a 160 cm. Por muy alto que llegara a ser de adulto, tal estatura sería demasiado grande para un niño actual en su estado de desarrollo (como hemos comentado, equivalente a unos once años). En otras palabras, la talla del Niño del Turkana sería más propia de un adolescente actual de quince años o más (incluso entre poblaciones de gran estatura, como los masai).

Ahora bien, a una edad posterior a la del Niño del Turkana se produce en nuestra especie una aceleración en el crecimiento, el llamado «estirón» de la pubertad (hacia los doce años en las niñas y los catorce en los niños). La conclusión a la que llega Holly Smith, que ha estudiado el desarrollo del Niño del Turkana, es que en el *Homo ergaster* todavía no existía ese cambio de velocidad en el crecimiento, que sólo se encuentra en nuestra especie. Entre los antropomorfos y demás primates el desarrollo es más continuo, sin grandes aceleraciones en la adolescencia; el porcentaje que queda por crecer es menor en los antropomorfos de una «edad fisiológica» equivalente, y seguramente también en el *Homo ergaster* (aun así, el Niño del Turkana habría alcanzado una estatura superior a los 180 cm).

Capítulo 11
La inteligencia social

Reflexionando sobre estas cosas, me daba cuenta de que en este punto era más fácil para el Hombre, de acuerdo con su naturaleza, gobernar a todos los demás seres vivos, que a los hombres.
JENOFONTE, *Ciropedia*.

Contenido:

1. La aburrida vida sexual de la orangutana

Cinco años después de su último período de celo la orangutana vuelve a ser sexualmente activa.

Durante todo ese tiempo ha gestado, parido y amamantado a su último descendiente. Ahora ha llegado el momento del destete y de iniciar un nuevo ciclo, una nueva gestación. Un óvulo espera ser fecundado, probablemente por el mismo macho de la vez anterior. Tras este breve período de receptividad, la vida sexual de la orangutana cesa hasta dentro de otros cinco años más o menos (salvo que la cría que ha concebido se malogre).

También las chimpancés y las gorilas tienen períodos de celo (llamados en zoología *estros*) distanciados por varios años, por regla general entre algo más de tres años y menos de seis; pero mientras que las gorilas sólo tendrán relaciones con un macho, las chimpancés tendrán numerosos amantes. Por otro lado, las mujeres no tienen estro, con lo que el momento de la ovulación no es detectable y, a diferencia

de las hembras de los antropomorfos, su sexualidad no está regida por el celo e incluye los largos períodos infértiles de gestación, lactancia y menopausia. En otras palabras, mientras que la sexualidad femenina en los antropomorfos está ligada exclusivamente a la reproducción, en nuestra especie también existe al margen de la misma.

¿Qué determina las diferencias en la conducta sexual, y por extensión en la conducta social, de especies tan próximamente emparentadas? Los genes, el mismo factor que hace que los orangutanes y gorilas machos tengan mucha más corpulencia que sus hembras, y que los machos compitan entre ellos para formar harenes; en cambio los dos sexos se diferencian menos en tamaño entre los chimpancés y humanos, y en ambos casos los machos no combaten entre ellos para reunir grupos de hembras (figura 2.3). De idéntico modo que algunos genes determinan nuestras características físicas, otros genes programan nuestra conducta, y unos y otros se ven sometidos a lo largo de las generaciones a la dura prueba de la selección natural.

2. El comportamiento como adaptación

Con sus investigaciones, Konrad Lorenz y Niko Tinbergen (que obtuvieron el premio Nobel compartido con Karl von Frisch en 1973) sentaron las bases para el entendimiento de la conducta animal, creando una nueva disciplina científica, la *etología* o estudio del comportamiento. La etología establece que existen programaciones genéticas de la conducta, que codeterminan (es decir, determinan sólo en parte) el comportamiento. Exactamente como en el caso de las estructuras morfológicas y funciones fisiológicas, la conducta tiene que adaptarse al modo de vida de los individuos de las diferentes especies, y por tanto los genes que la determinan son objeto de selección natural.

Los etólogos han demostrado que muchas pautas de la conducta de las especies animales son innatas, y además van desarrollándose, como los órganos, a lo largo de la vida de los individuos.

Esto hace que las crías tengan determinados comportamientos infantiles que sólo son adecuados para sobrevivir en esa etapa de la vida, de fuerte dependencia de los progenitores, en una situación de competencia directa por el alimento con las

demás crías. Complejas conductas de cortejo, apareamiento y cuidado de la prole maduran, en cambio, al mismo tiempo que los órganos reproductores y en muchos casos lo hacen aunque el animal se haya criado en la mayor soledad, reflejando su naturaleza innata, no aprendida.

Konrad Lorenz (1903-1989) descubrió que las ocas que estudiaba en su casa familiar de Altenberg estaban programadas para reconocer como madre al primer objeto que se moviera a su alrededor en el momento en que los pollos salen del cascarón. En condiciones normales se trata de la verdadera madre biológica, pero artificialmente se puede hacer que adopten como madre a una persona o incluso un objeto inanimado que aparezca delante de sus ojos en el momento preciso. De este modo es posible descomponer y analizar las diferentes señales que desencadenan conductas en los animales, haciendo de la etología una ciencia experimental.

Tal vez el lector se sienta incrédulo o decepcionado al descubrir que hay genes en la base de nuestra conducta, como por otro lado los hay en el color de nuestros ojos o en nuestra pertenencia a uno u otro sexo. Sin embargo, la ciencia no exige actos de fe, sino comprobación experimental de las hipótesis, y hoy no quedan dudas acerca de cierto determinismo genético del comportamiento. Además, ¿es que sería preferible que los seres humanos viniéramos al mundo como «una hoja en blanco», sin nada escrito en ella? Si los procesos de aprendizaje fueran los únicos responsables de nuestra conducta, ¿no sería mucho más terrible estar en manos de quienes tienen el poder de programar la educación? ¿Cómo podríamos ser libres si estamos totalmente condicionados por la educación que hemos recibido?

Por supuesto que la etología no nos obliga a ser reduccionistas y creer que toda nuestra conducta está planificada desde la cuna hasta la sepultura, y que no tenemos ninguna capacidad de decisión propia. En realidad, una programación así sería poco adaptativa porque cada individuo vive en su propio ambiente, ecológico y social, y tiene que adaptarse a él. Una hormiga está mucho más rígidamente programada en cuanto a sus pautas de conducta que un mamífero. Los humanos formamos una especie muy inteligente de primates sociales, y tenemos una gran flexibilidad en nuestra conducta, que nos permite dar respuestas diferentes, basadas en la propia experiencia o el aprendizaje, a las distintas situaciones que se

presentan en nuestro medio. En la vida surgen muchos problemas imprevisibles, y por tanto la solución no puede estar en los genes.

Al final del capítulo volveremos sobre este tema, porque un factor decisivo para la expansión de nuestro cerebro parece haber sido la necesidad de analizar y tomar decisiones sobre un aspecto de nuestro medio especialmente cambiante e imprevisible: la conducta de los demás miembros de nuestro grupo. Siendo como somos unos primates sociales que vivimos en grandes comunidades, necesitamos procesar una gran cantidad de información sobre un sistema (la comunidad) de una enorme complejidad, en el que intervienen muchos elementos (los individuos) que se relacionan entre sí en un número virtualmente infinito de formas.

Con el desarrollo que hoy en día tiene la informática en nuestro mundo es fácil entender que cuantas más instrucciones tenga un ordenador, cuanto más *software* incorpore, mostrará más flexibilidad y capacidad de hacer cosas diferentes; incluso será más eficaz analizando situaciones y tomando decisiones. En un futuro próximo hasta podrá aprender de sus propias experiencias. En otras palabras, la programación genética no es el enemigo de nuestra libertad, sino que nos permite valorar las diferentes opciones y escoger entre ellas.

Al principio de este libro se comentó que el uso y desuso que de sus órganos haga un individuo durante la vida no afecta para nada a cómo serán esos órganos en sus descendientes (a pesar de lo que decía Lamarck); del mismo modo, toda la información acumulada sobre su medio a lo largo de la vida de un individuo no es transmisible por la vía de los genes. Sin embargo, tal caudal de conocimientos útiles no tiene por qué perderse necesariamente, ya que puede transmitirse entre generaciones por vía extragenética a través del aprendizaje. En el caso humano, el paso de información de unas generaciones a otras se denomina *cultura*; esta clase de memoria colectiva e imperecedera es en parte universal y en parte varía con cada etnia, cada grupo, cada familia. Su carácter acumulativo es lo que ha hecho posible los grandes avances de la ciencia y de la técnica. En el caso de los pollos de oca de Konrad Lorenz no está establecido genéticamente cómo es con exactitud su madre, sino que existen unas reglas sencillas para que el pollo lo averigüe por sí mismo. Del mismo modo, nosotros los humanos tenemos una disposición innata a

aprender un idioma de pequeños, pero nuestros genes no nos programan para aprender castellano, inglés o vascuence.

Después de esta excursión por los principios de la etología, volvamos a la vida social de nuestros más próximos parientes, para tratar de adentrarnos en este aspecto de la biología que no fosiliza. Debemos mucho en este terreno a los trabajos pioneros de Jane Goodall con chimpancés, Dian Fossey (1932-1985) con gorilas y Biruté Galdikas con orangutanes.

3. Sociobiología comparada de los hominoideos

Todos los simios (es decir, monos del Viejo y Nuevo Mundo, antropomorfos y humanos) son sociables con una única excepción. Por especies sociables se entiende aquellas en las que se establecen uniones duraderas entre al menos dos individuos adultos. Y la única excepción a esta regla son los orangutanes, animales solitarios en los que sólo existen vínculos estables entre las madres y sus descendientes no adultos. Los machos y las hembras adultos sólo se relacionan durante los breves y muy separados estros de las hembras. Ni los machos entre sí ni tampoco las hembras forman uniones o alianzas. Cada hembra vive en su pequeño territorio con sus crías, y los territorios más amplios de los machos engloban los de varias hembras, con las que de todos modos sólo se relacionan para reproducirse. Los machos compiten entre sí por el territorio y por las hembras que contiene, y esa competencia hace que sean mucho más corpulentos que las hembras, a las que doblan en peso. Se puede decir que los orangutanes machos forman harenes, pero en los que las hembras no están reunidas, sino dispersas.

Los gorilas en cambio son muy sociables. Como su tipo de alimento es muy abundante y continuo no precisan de grandes territorios y se desplazan poco a lo largo del día. Cada grupo de gorilas está formado por un macho adulto, el macho de espalda plateada o dorsicano, y su harén, un conjunto de hembras con sus crías, todas descendientes del dorsicano. Cuando una hembra o un macho alcanzan la pubertad abandonan el grupo. Los machos compiten entre sí por las hembras, y por eso son tan corpulentos, aunque la diferencia entre los sexos (el llamado *dimorfismo* sexual) es menor que entre los orangutanes; la hembra promedio de

gorila pesa aproximadamente el 60% del peso del macho promedio, es decir, algo menos de las dos terceras partes.

Entre los chimpancés comunes no hay harenes. Cuando las hembras llegan a adultas se van generalmente del grupo; en cambio, cuando los machos se hacen adultos permanecen en él. Esto hace que todos los machos de un grupo de chimpancés comunes estén emparentados, mientras que las hembras adultas no lo están. Cada comunidad controla un territorio, que los machos defienden frente a otras alianzas de machos. En estas disputas entre grupos de machos emparentados hay violencia y a veces muerte.

Los árboles que proporcionan los frutos que comen los chimpancés se encuentran dispersos y maduran en diferentes momentos, por lo que dentro de cada territorio se producen situaciones de *fusión*, cuando se concentran muchos individuos en torno a un árbol con frutos en sazón, y *fisión* o dispersión en busca de fuentes de recursos menos copiosas. Cuando una hembra está en celo, lo que manifiesta por medio de una vistosa tumefacción anogenital (o hinchazón de la zona situada alrededor del sexo), no se produce competencia entre los machos, sino que varios de ellos acceden a la hembra en diferentes ocasiones. En relación con esta promiscuidad y ausencia de harenes los machos no son mucho más corpulentos que las hembras; éstas en promedio pesan algo menos del 80% del peso promedio de los machos, es decir, casi las cuatro quintas partes. Al referirnos a la conducta de los antropomorfos nunca se insistirá lo suficiente en que se está hablando de primates, y no de insectos, con lo que sus pautas de comportamiento son muy variadas y todo intento de resumirlas es una simplificación abusiva. Así, en ocasiones se ha visto que los chimpancés machos situados en lo alto de la escala jerárquica se imponen a los situados más abajo en el acceso a las hembras en estro; también se dan casos en los que se forman parejas de un macho y una hembra que duran varios días, o la totalidad de los quince que dura el estro.

En la actualidad se están llevando a cabo análisis genéticos de parentesco entre individuos en comunidades de chimpancés, que arrojarán mucha luz en el futuro sobre cómo todas estas estrategias de comportamiento se traducen en éxito reproductor. Para realizar estas «pruebas de paternidad» se emplean pelos que caen en los «nidos» que los chimpancés construyen en los árboles para pasar la

noche, y células de la boca que quedan en frutas mordidas. Por este método, Paul Gagneux y otros colegas han observado que es frecuente que una hembra se «escape» de su comunidad y sea fecundada por un macho de otro grupo.

En los chimpancés enanos o bonobos los lazos entre los machos emparentados son menos fuertes, y en cambio se producen uniones más estrechas entre hembras, a pesar de que no tienen relación genética. Curiosamente, estas uniones entre hembras hacen que los machos aislados no puedan imponer su autoridad jerárquica. Por otro lado, no parece que los machos se tomen muy en serio la defensa del territorio de la comunidad. El dimorfismo sexual es similar al del chimpancé común.

4. Selección natural y selección sexual

Cuando Charles Darwin hablaba de selección natural se refería a la eliminación de los individuos defectuosos, y la supervivencia de los más aptos. Las variaciones que surgen de forma espontánea producen nuevos tipos de organismos, muchas veces inviables, pero en algún caso con características que les permiten, bien desenvolverse mejor en su modo de vida (ocupar mejor su nicho ecológico se dice ahora), bien explotar recursos que sus competidores no utilizan (es decir, ampliar o cambiar de nicho ecológico). De este modo acaban por aparecer nuevas especies.

Sin embargo, Darwin también se dio cuenta de que en muchas especies los machos presentaban caracteres que no eran adaptativos desde el punto de vista ecológico. Estos caracteres hacen a los machos o más vistosos, o más fuertes (como hemos visto en el caso de gorilas y orangutanes), dotándolos a veces de armas para el combate con otros machos de su propia especie (y sólo en segundo lugar también útiles para luchar con animales de otras especies). Para explicar esta aparente excepción a su teoría de la selección natural, Darwin elaboró la teoría de la *selección sexual*. En pocas palabras se podría resumir en que las hembras eligen al macho más adornado o aceptan pasivamente al que derrota a los otros machos, demostrando en cualquiera de los casos que es un individuo que goza de excelente salud y vigor, y por tanto el mejor progenitor posible entre la competencia. Darwin propuso esta teoría en su libro titulado *El origen del hombre y la selección en relación al sexo*, que vio la luz en 1871. En sus propias palabras, la selección sexual

«depende de la ventaja que algunos individuos tienen sobre otros individuos de la misma especie y mismo sexo en relación exclusivamente con la reproducción». Sin embargo, Darwin no podía imaginar que la competencia se estableciera a un nivel inferior al del individuo, al nivel de los espermatozoides.

El gran primatólogo Adolph Schultz (1891-1976) observó en 1938 que los primates difieren mucho en el tamaño de sus testículos en relación con el peso corporal. Por ejemplo, un chimpancé macho de 45 kg tiene testículos que pesan aproximadamente 12,0 g (cada uno 60 g), mientras que un macho de gorila de 160 kg tiene testículos que pesan, juntos, 30 g. Schultz no supo entonces cómo interpretar esta diferencia, pero autores modernos como el antropólogo Alexander Harcourt y sus colaboradores han propuesto una hipótesis muy original.

Cuando se compara el peso relativo de los testículos en los diferentes géneros de primates se observa que las especies cuyos machos tienen testículos muy grandes son aquellas en las que los grupos sociales incluyen varios machos, como los chimpancés, papiones o macacos. En cambio, los gorilas, en cuyos grupos sociales sólo hay un macho, tienen testículos relativamente pequeños.

El tamaño de los testículos parece estar relacionado con la cantidad de espermatozoides que producen, y también con la longitud de su cola y su movilidad. La hipótesis de Harcourt es que en las especies con testículos grandes, una hembra puede ser inseminada por varios machos cuando está en celo, y los espermatozoides de los machos compiten entre sí, en cantidad y calidad, para fecundar el óvulo. Los gorilas machos no tienen en cambio que competir en el ámbito espermático, porque no dejan que ningún otro macho adulto se acerque a su grupo de hembras. Los gibones, que son estrictamente monógamos, los orangutanes, que son polígamos no sociales, y los humanos, tienen un peso de los testículos que no es superior al normal para un primate de su tamaño.

Cuando se trata de caracterizar socialmente a los primates, se suele calificar a los humanos de monógamos, una definición que tal vez haga mover la cabeza a algún lector. Cierto, existe una gran variabilidad en la estructura familiar humana según los medios culturales (que por otro lado no tienen mucho que ver con el contexto social en el que se ha desarrollado nuestra evolución). Es obvio que los gibones son monógamos y no forman grupos, que los orangutanes son polígamos y viven

dispersos, que los gorilas son polígamos y forman harenes, y que los chimpancés son sociales y promiscuos pero, sorprendentemente, de la biología social de nuestra propia especie no estamos tan seguros.

Desde el punto de vista biológico no puede darse una respuesta taxativa; sin embargo, una cosa es indudable: los humanos formamos grupos sociales con múltiples individuos masculinos, por lo que nos correspondería estar en el grupo de los primates en los que hay selección entre los espermatozoides, como los chimpancés. En términos estrictamente zoológicos, el que esto no suceda así quiere decir que formamos una especie en la que es infrecuente que una hembra tenga relaciones sexuales con varios machos en los días en los que se produce la ovulación. Como además ésta no se anuncia ostensiblemente como en otras especies de primates, los machos no tienen modo de saber cuándo se produce, por lo que la frase anterior se puede quedar en que es infrecuente que una hembra tenga relaciones sexuales con varios machos. Por otro lado, el dimorfismo sexual en peso corporal de nuestra especie (en torno al 83%) indica que no hay un nivel alto de competencia entre los machos por las hembras.

En otras palabras, somos un tipo original de primates, en el que se da al mismo tiempo la convivencia en sociedad de individuos masculinos y, sin embargo, cierta exclusividad en las relaciones sexuales de cada varón con una mujer, por lo menos durante algún tiempo. Es decir, algo parecido a una monogamia.

Pero una vez que hemos expuesto lo que sabemos y lo que no sabemos de la biología social de nuestra especie y de otras especies de primates, es hora de que nos preguntemos cómo se comportaban en sociedad los primeros homínidos.

5. ¿Bípedos y monógamos desde el principio?

Rob Foley observa que no hay ejemplos entre los antropomorfos de grupos basados en hembras emparentadas (mientras que esto último es frecuente entre los cercopitecoideos o monos del Viejo Mundo; sólo en el colobo rojo las uniones son entre machos emparentados). Su conclusión es que la estructura social que se encuentra entre los chimpancés con: a) alianzas entre machos emparentados para la defensa de un territorio común y b) dispersión de las hembras adultas fuera del

territorio natal, debió de darse también entre los primeros homínidos, cuya biología social no sería inicialmente muy diferente a la de los chimpancés.

Sin embargo, los australopitecos y sobre todo los parántropos vivieron en medios más secos que los chimpancés actuales, en bosques más aclarados, donde las fuentes de aprovisionamiento estarían más dispersas y serían menos copiosas. Esto hace pensar a Rob Foley que los australopitecos y los parántropos tendrían territorios más amplios que los de los chimpancés.

Probablemente se mantendrían las alianzas entre machos emparentados, tanto para la defensa de los recursos frente a otras coaliciones de machos, como frente a los depredadores, más peligrosos al disminuir la cubierta vegetal. Sin embargo, dentro de estos grandes territorios se formarían unidades sociales menores, ya que las disponibilidades del medio no permitirían que todos los miembros de la misma comunidad estuvieran continuamente juntos. Así, el sistema social sería también de fusión, con reunión de gran parte del grupo en torno a una fuente de alimento muy abundante, para hacer grandes desplazamientos por terreno abierto o para dormir, y fisión con división del grupo en unidades menores para alimentarse durante el día.

Otra cosa es determinar qué tipo de unidades menores serían éstas. La distribución espacial de una población de algo menos de ciento cincuenta chimpancés ha sido estudiada por Jane Goodall y sus colegas desde 1960 en el Parque Nacional de Gombe, en Tanzania. La comunidad mejor estudiada dentro del parque se ha compuesto, a lo largo de estos años, de cuatro a trece machos adultos, diez a dieciocho hembras adultas y dieciocho a treinta y un individuos inmaduros. Su territorio variaba entre 6,75 y 15 km^2, ocupando entre tres y seis valles en la región central del parque. Las hembras adultas pasan más del 65% de su tiempo solas con sus crías, alimentándose en pequeños núcleos propios de unos 2 km^2, que se solapan parcialmente unos con otros. Los machos adultos son más sociables, y viajan por todo el territorio de la comunidad, patrullando y defendiendo juntos sus fronteras. Este tipo de distribución espacial, con hembras que pasan tanto tiempo solitarias con sus crías, es poco creíble para los australopitecos, y menos aún en el caso de los parántropos, a causa del riesgo que supondrían los depredadores en un medio más abierto.

Las unidades familiares podrían, en cambio, ser comparables a las de los papiones hamadrias (*Papio hamadryas*) y geladas, es decir, formadas por un macho con varias hembras (más las crías comunes), que pueden reunirse ocasionalmente con otros pequeños harenes formando grandes grupos, para alimentarse, viajar o dormir. Éste es un sistema social que sabemos que funciona con éxito en ecosistemas semejantes a los de nuestros antepasados, como los áridos medios de los hamadrias. Pero hay un autor, Owen Lovejoy, que opina que los australopitecos eran monógamos, y más aún, que la monogamia está estrechamente relacionada con el origen de la postura bípeda de los homínidos. Veamos cuál es su razonamiento.

La monogamia o emparejamiento para la reproducción no se da sólo entre los humanos.

También se observa en muchas aves y primates, e incluso entre los gibones. Pero, como ya se ha comentado, en nuestra especie se da la originalidad de que existe además una relación sexual permanente, la mayor parte del tiempo sin función reproductora. Dicho aún más claramente, situar la sexualidad humana sólo en el terreno de la procreación no es lo natural (en el sentido de lo biológico), sino todo lo contrario. Entre nosotros, el sexo existe además para mantener unida a la pareja, es decir, está al servicio del amor.

Ahora bien, esta función tan romántica del sexo no contradice los principios darwinistas, sino que los refuerza. El largo período de desarrollo de los individuos de nuestra especie hace imposible que una madre pueda cuidar de varios descendientes a la vez (se entiende que en el contexto de una economía de cazadores y recolectores); la pareja estable, la monogamia, hace que el padre se incorpore a la tarea de sacar adelante a la familia, que funciona como una unidad económica además de como una unidad reproductora.

Se ha discutido mucho qué se entiende por contribución de los padres (machos) al cuidado de las crías, cómo puede medirse eso, y en qué grado se da en los diferentes primates y sociedades humanas; en cualquier caso, la situación en nuestra especie no tiene nada que ver con la que se da en chimpancés, gorilas y orangutanes (nuestros más próximos parientes por otro lado), donde los machos se despreocupan por completo de sus descendientes; tan sólo puede considerarse que

en chimpancés y gorilas (los orangutanes no son sociales) los machos son tolerantes con las crías, y las protegen contra los depredadores y contra el infanticidio por parte de otros machos (un grave riesgo, como veremos a continuación).

Para Lovejoy la bipedestación no tiene nada que ver con la adaptación de nuestros antepasados a los espacios abiertos, como tantas veces se ha dicho, y probablemente se produciría cuando todavía habitábamos el bosque. La bipedestación no guardaría relación con la termorregulación, ni con la eficacia en la locomoción, ni con la liberación de las manos para fabricar utensilios. Por el contrario, la bipedestación liberaría nuestras manos y nuestros brazos para acarrear alimentos. Según Lovejoy los machos transportarían de este modo la comida al campamento base para alimentar a las hembras con las crías, que así se ahorrarían muchos peligros al no tener que viajar con sus madres.

Incluso, piensa Lovejoy, sería posible reducir el largo período entre nacimientos que caracteriza a chimpancés, gorilas y orangutanes, y aumentar el número de hijos a lo largo de la vida fértil de las hembras. Esta supuesta ventaja de los primeros homínidos es más que discutible, porque incluso entre las sociedades humanas modernas con una economía de cazadores y recolectores (es decir, pre-agrícolas y pre-ganaderas), el intervalo entre nacimientos es todavía largo, de tres a cuatro años.

Estamos acostumbrados a ver la selección natural desde el punto de vista de los individuos, pero para entender lo que sigue es preciso que la contemplemos desde la perspectiva de los genes.

Como ha escrito Richard Dawkins en su famoso libro *El gen egoísta* los individuos mueren, pero los genes perviven. O mejor dicho, se conservan en forma de copias en otros cuerpos, en los de nuestros hijos. Richard Dawkins lleva el razonamiento hasta el extremo de afirmar que los genes nos utilizan en su provecho e incluso sacrifican nuestros cuerpos si es necesario, como en los casos del llamado comportamiento altruista, cuando los padres ponen en peligro su propia vida para salvar la de sus hijos. En realidad, el tiempo y energía que se emplea en el cuidado de los descendientes, aunque no alcance tanto heroísmo, puede considerarse altruista, porque no va dirigido a satisfacer los intereses de los padres, sino los de

los hijos. Todo tiene sentido desde la lógica de la selección natural, porque los genes de los padres que no tengan comportamiento altruista y abandonen a sus descendientes (abocándolos así a la muerte) no estarán presentes en la siguiente generación.

Estas explicaciones permiten entender comportamientos aparentemente monstruosos desde nuestra perspectiva moral. Antes hemos comentado que cuando llegan a la pubertad las hembras de gorilas y chimpancés abandonan su territorio natal y su comunidad para integrarse en otra que les es completamente ajena y donde, sin embargo, son aceptadas. Ahora bien, nos estamos refiriendo a hembras sin descendientes, porque si aparecen con una cría lactante en el grupo ajeno el infanticidio está prácticamente asegurado. El macho dominante en el caso de los gorilas, o los machos emparentados en el de los chimpancés, no tienen ningún interés en los genes que porta la cría recién llegada, y sin embargo están muy interesados en que su madre esté disponible cuanto antes para ser fecundada. La interrupción de la lactancia por la vía rápida del infanticidio pone a la madre en situación de comenzar un nuevo ciclo ovárico. Imagine el lector lo que les ocurre a las jóvenes crías de un harén de gorilas cuando el dorsicano es sustituido por otro macho (por muerte natural o derrota). La lógica de los genes es implacable.

Siguiendo esta lógica, para que un macho de los primeros homínidos bípedos alimentase a una hembra con crías, como dice Lovejoy, tendría que estar seguro de que esas crías llevaban sus propios genes. Si las hembras de la especie tenían períodos de celo, habría que vigilarlas estrechamente durante todo el tiempo que éste durase. Si además la hembra no tenía estro, es decir, si no era posible saber cuándo estaba ovulando (para monopolizarla durante ese tiempo) la única alternativa viable para asegurar la paternidad era la monogamia y la fidelidad sexual.

En realidad, la menstruación podría haber evolucionado como indicador de fertilidad, porque a los pocos días de producirse habrá un óvulo fecundable. Sin embargo, apunta Beverly Strassmann, no parece que otros primates echen esas cuentas, porque los chimpancés (así como los macacos, cercopitecos y papiones), que tienen una menstruación copiosa, indican a los machos la ovulación por medio de hinchazones sexuales.

Hemos dicho más arriba que la vida social no fosiliza como tal, pero también hemos mencionado que en los gorilas y orangutanes los machos compiten entre sí por las hembras, y como consecuencia, existen grandes diferencias en tamaño corporal entre unos y otras, mientras que los dos sexos son más parecidos en chimpancés y humanos (aunque también hay diferencias; entre los gibones, que son monógamos estrictos, el dimorfismo sexual en peso no existe). Si ésta es una regla universal que liga la anatomía con la biología social podríamos tener aquí una clave para abordar el problema en especies extinguidas. Este tipo de ejercicio que consiste en aplicar relaciones observadas en la biosfera actual a las especies fósiles (con la premisa de que tales relaciones han existido siempre), se denomina *actualismo*, y es una de las herramientas más frecuentemente utilizadas para estudiar la vida en el pasado.

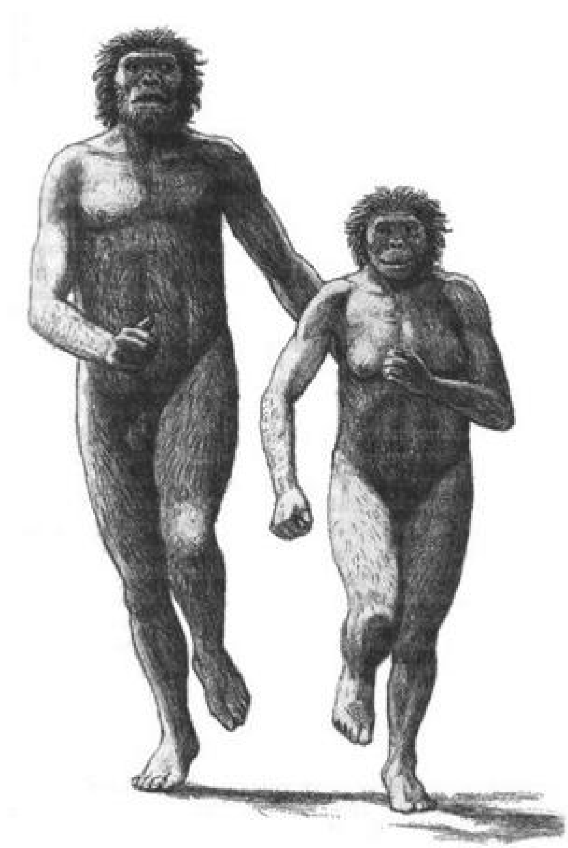


FIGURA 11.1. Macho y hembra de Australopithecus afarensis.

El *Australopithecus afarensis*, la más antigua especie de homínido de la que hay suficiente registro fósil como para estudiar las diferencias entre los sexos, muestra una gran variabilidad.

Tanta que algunos autores quisieron ver en sus fósiles dos o más especies diferentes, y fue Tim White quien agrupó todos los fósiles en una sola, como ya se ha comentado en otro lugar de este libro. En realidad, se trata de una especie que muestra un gran dimorfismo sexual de tamaño entre machos y hembras (en torno al 66% en peso corporal, es decir, muy próximo al de los gorilas), como han puesto de manifiesto, entre otros, Henry MC Henry, Charles Lakewood, Brian Richmond, William Jungers y William Kimbel (figura 11.1.). Desde este punto de vista, no parece que pueda mantenerse la hipótesis de Lovejoy de que la bipedestación está ligada a la monogamia desde su origen (en este caso sería de esperar un grado mucho menor de dimorfismo sexual en el *Australopithecus afarensis*); un sistema social más parecido al de los papiones hamadrias y los geladas (cada macho con varias hembras), como propone Rob Foley, se antoja más creíble para los primeros homínidos (figura 11.2.).

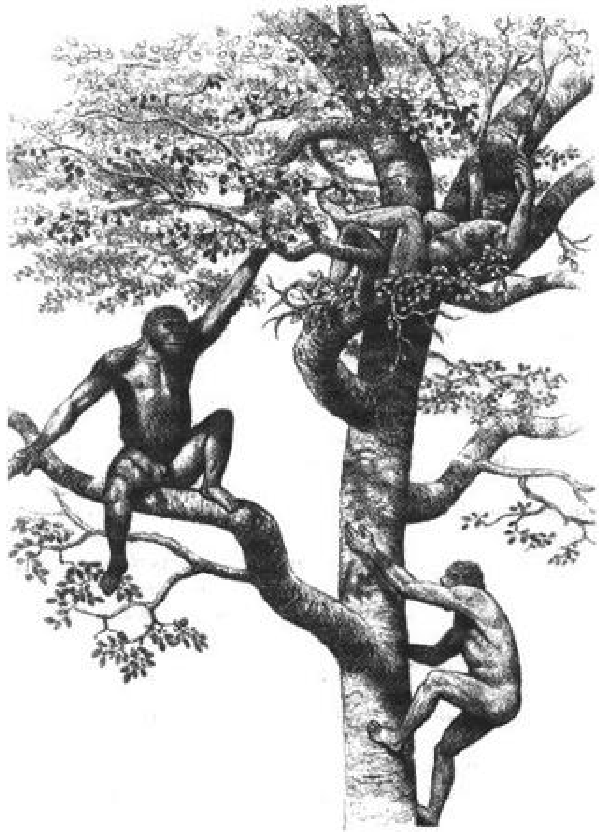


FIGURA 11.2. Un macho y dos hembras de Australopithecus afarensis.

Pero hay un pequeño obstáculo para admitir esta interpretación. Según han demostrado Michael Plavcan y Carel van Schaik, entre los primates actuales el dimorfismo sexual en la longitud de la corona del canino es aún mejor indicador que el peso corporal del grado de competencia entre los machos por las hembras. Pues bien, como consecuencia de la reducción del tamaño de los caninos en el *Australopithecus afarensis*, la diferencia en la longitud de los caninos entre machos y hembras es menor que en los gorilas y los orangutanes, y menor también que en los chimpancés de las dos especies; en nosotros es todavía menor.

Si los machos de *Australopithecus afarensis* se disputaban las hembras, ¿por qué habrían de renunciar a sus mejores armas de combate? La reducción de la talla de los caninos puede estar relacionada con el cambio de alimentación experimentado por estos homínidos, pues unos grandes caninos dificultan los movimientos laterales de la mandíbula. Además, a la vista del intenso desgaste que sufren enseguida los caninos de australopitecos y parántropos, uno puede preguntarse qué lógica tendría

poseer unos grandes caninos que apenas van a sobresalir, precisamente cuando más útiles serían como armas para la lucha. En resumen, la ausencia de un gran dimorfismo sexual en los caninos entre los primeros homínidos vendría impuesta por el tipo de masticación, y no indicaría ausencia de competencia entre los machos por las hembras.

Sin embargo, según Tim White, un principio de reducción de los caninos ya se observa en el *Ardipithecus ramidus*, que no tendría un tipo de alimentación muy diferente de la de los chimpancés, aunque tal vez sí lo suficiente como para explicar esta reducción. En realidad, esta combinación de un gran dimorfismo sexual en tamaño del cuerpo junto con uno muy pequeño en el desarrollo de los caninos, que es característica de los homínidos al menos desde el *Australopithecus afarensis*, no se encuentra en ninguna especie actual de primate, por lo que es imposible la comparación.

No tenemos pues una respuesta concluyente a la cuestión de cuándo aparecieron en la evolución humana los patrones modernos de biología social; pero la tendencia actual a considerar a los australopitecos y parántropos como «chimpancés bípedos», es decir, vegetarianos, sin tecnología lítica, ni aumento cerebral importante, ni lenguaje, y con un desarrollo rápido, sitúa este gran cambio dentro del género *Homo*.

6. Tamaño del cerebro y tamaño del grupo social

En otro capítulo de este libro nos hemos preguntado para qué sirve ser bípedo, es decir, qué tipo de adaptación es ésta y con qué nicho ecológico está relacionada. Ya vimos que la respuesta no es fácil. Sin embargo, nadie se pregunta para qué sirve ser inteligente. Estamos tan convencidos de que la inteligencia es un don que nos hace superiores a cualquier otra forma viviente que no nos preocupamos por su valor adaptativo. Sin embargo, la expansión cerebral es una especialización como la de cualquier otro órgano, y la selección natural la ha favorecido porque presentaba ventajas en el contexto del nicho ecológico de los homínidos en los que se produjo (que no fueron todos, como se ha visto). ¿Cuáles fueron esas ventajas?

Hay dos momentos de la evolución humana en los que se produce una marcada expansión del tamaño cerebral, que podría ponerse en relación con cambios significativos en las pautas sociales.

La primera de estas expansiones se produce con el *Homo ergaster*, donde el volumen cerebral pasa de representar aproximadamente un tercio del valor promedio de nuestra especie, como en los australopitecos y parántropos, a llegar hasta los dos tercios (el *Homo habilis* ocuparía una posición intermedia). La segunda gran expansión tiene lugar en el último medio millón de años, y produce los enormes cerebros de nuestra especie y de los neandertales.

El aumento del volumen cerebral comporta, como hemos visto, un cambio en la alimentación, porque afecta a un tejido energéticamente costoso. En consecuencia, se incorporan a la dieta en cantidades sustanciales las proteínas y grasas animales. A diferencia de algunos vegetales muy abundantes (aunque poco energéticos), estos recursos no se distribuyen de manera continua en el medio, ni son fáciles de obtener, por lo que aumenta el tamaño del territorio a recorrer y el tiempo de búsqueda. Al mismo tiempo, desde el *Homo ergaster* los ritmos de crecimiento se sitúan ya próximos a los nuestros, lo que supone un período de dependencia infantil más prolongado que en antropomorfos y homínidos anteriores. Todo esto implica que difícilmente una madre podría hacerse cargo, ella sola, de varias crías al mismo tiempo. Por este motivo es posible que el gran cambio social se produjera en el *Homo ergaster*, aunque algunos autores sostienen que tuvo lugar en la segunda gran expansión cerebral, la nuestra y la de los neandertales.

Pero no sólo existe una relación indirecta entre el aumento de tamaño del cerebro y las relaciones entre los dos sexos, sino que es posible que la expansión cerebral esté directamente asociada a un aumento de la complejidad social. En primer lugar, se ha observado que los mamíferos que viven en sociedades complejas (como simios y delfines) tienen cerebros mayores que los mamíferos solitarios de tamaño similar. Aiello y Dunbar han descubierto también que entre las diferentes especies de primates el tamaño relativo del neocórtex respecto del resto del encéfalo está en función directa del tamaño de los grupos sociales que forman esas mismas especies. Sin embargo, no se ha encontrado una relación similar entre el tamaño relativo del neocórtex y el tipo de vida, por lo que la «teoría ecológica» del origen de nuestra

muy desarrollada inteligencia pierde fuerza respecto de la «teoría social»; no obstante, no hay que perder de vista que a partir de los primeros *Homo* los homínidos entraron en un nicho ecológico totalmente nuevo para los primates, el de carroñeros y cazadores, que también pudo favorecer el desarrollo intelectual.

En resumen, es una teoría muy respetable la de que la expansión del cerebro y de la inteligencia (o al menos una parte sustancial de la misma) representa una adaptación a la vida social, un medio en el que uno tiene que cooperar y competir a la vez con los mismos individuos.

Una inteligencia desarrollada con estos propósitos (una «inteligencia social») podría muy bien aplicarse a otro tipo de situaciones complejas. Para prosperar en ese difícil medio social hace falta utilizar diversas tácticas, que van desde la formación de alianzas con otros individuos, basadas en el parentesco o en el interés, hasta el engaño. Anne Pusey, Jennifer Williams y Jane Goodall han observado que incluso entre los chimpancés es importante nacer en una «buena familia». Pese a que las hembras de chimpancé frecuentemente recolectan alimentos solas y no parece muy importante la jerarquía entre ellas, los descendientes de las hembras de alto rango tienen mejores perspectivas de vida que las crías de las demás hembras, probablemente porque acceden a mejores fuentes de alimento.

Las habilidades necesarias para lo que Andrew Whiten y Richard Byrne han denominado «inteligencia maquiavélica» (en referencia a los consejos que en el siglo XV daba Nicolás Maquiavelo en su libro *El Príncipe* para triunfar en la política a base de hipocresía y falta de escrúpulos) incluyen desde luego una buena memoria, para recordar complicadísimos organigramas sociales (quién es quién); además, al menos entre nosotros los humanos, existe una cierta capacidad para intuir las intenciones del prójimo y adelantarse a sus actos, junto con la de representarse mentalmente situaciones hipotéticas (no sólo recordar situaciones pasadas), valorarlas, y obrar en consecuencia; es decir, pensar.

Recapitulación

Termina aquí la parte de la evolución humana que se desarrolla exclusivamente en el continente africano, el lugar que fue nuestra cuna y donde, literalmente, dimos nuestros primeros pasos.

Ahora conviene detenerse un momento y echar la vista atrás, para resumir lo ya comentado y extraer las principales conclusiones.

El darwinismo, en la versión actualizada de la síntesis moderna, es la herramienta de la que los evolucionistas de finales del segundo milenio se sirven en sus análisis. Aunque no se trata de un sistema dogmático cerrado y admite críticas, perfeccionamientos y enmiendas, es hoy por hoy el núcleo de nuestra comprensión del fenómeno evolutivo. Un aspecto importante del darwinismo es el carácter adaptativo de su mecanismo básico, la selección natural, que no parece imponer ningún rumbo a la evolución. Pero en este libro estamos describiendo a partir del registro fósil cómo se ha producido la evolución humana, y sólo en el último capítulo discutiremos si tiene ésta algún sentido, es decir, si responde a alguna Ley de la Evolución.

Después de plantear los términos del problema (qué ha pasado, cómo ha pasado y por qué ha pasado), hemos optado por seguir el consejo de Quilón (que se suele atribuir a Sócrates): «Conócete a ti mismo». Somos primates, más en concreto simios, y como tales, mamíferos básicamente visuales, inteligentes, diurnos, tropicales, forestales y arborícolas. Muchas de nuestras características morfológicas, fisiológicas y etológicas responden a esa definición ecológica del grupo. El que los humanos, y en menor grado otros primates, vivamos ahora en climas, regiones y ecosistemas muy alejados del escenario de nuestra evolución no deja de ser una anomalía, que por otra parte es muy reciente en relación con la larga historia de los primates.

Historia que se cuenta en este libro resumidamente, en especial la de los hominoideos, el tipo de simios al que pertenecemos.

Los hominoideos se originaron en África hace al menos 23 m.a., y fueron numerosos y variados en este continente y luego también en Asia y Europa. Después de alcanzar su máximo de diversidad hace unos 10 m.a., los hominoideos

empezaron un rápido declive. La mayor parte de las especies habían ya desaparecido hace 7 m.a., y en la actualidad la única realmente abundante y extendida es la nuestra.

Las razones de la decadencia de los hominoideos son dos, quizá relacionadas entre sí: una es la pérdida de hábitat por cambios ecológicos, y la otra es la competencia con el otro gran grupo de simios del Viejo Mundo, los cercopitecoideos, hoy más diversificados y abundantes que los hominoideos. Las grandes selvas lluviosas y bosques monzónicos se han ido reduciendo a causa de un cambio climático global, con un enfriamiento del planeta cada vez más acusado en los últimos 4 m.a. Las causas de este cambio climático parecen obedecer a factores básicamente astronómicos, combinados con una disposición determinada de las masas continentales. Además del cambio climático, podría haberse producido una reducción del dióxido de carbono en la atmósfera en los últimos 8 m.a., que habría favorecido la extensión en latitudes próximas al Ecuador de las plantas herbáceas que forman, por ejemplo, los pastos de las sabanas africanas.

Es importante, sin embargo, señalar que los primeros homínidos, nuestros más remotos antepasados directos, no aparecieron en las sabanas en expansión: los fósiles de *Ardipithecus ramidus* de hace 4,4 m.a. parecen indicar una vida plenamente forestal, con un tipo de alimentación similar a la de los actuales chimpancés. Aún no se sabe si estos homínidos eran bípedos. A juzgar por el primitivismo de esta especie, la divergencia de las líneas que conducen a humanos, por un lado, y a las dos especies de chimpancés, por el otro, no debió de producirse mucho antes, quizá sólo hace 506 m.a. Una edad de separación con la que coinciden los biólogos moleculares, que la estiman sobre la base de la diferencia genética entre especies y el ritmo de cambio inferido.

Hace 4 m.a. existía una especie de homínido distinta en las orillas del lago Turkana, llamada *Australopithecus anamensis*. Estos homínidos caminaban erguidos y su dentición indica que se había producido ya un cambio de nicho ecológico, incorporándose en la dieta productos vegetales duros; es decir, que además de frutos, hojas, tallos y brotes tiernos, consumían también semillas duras, frutos con cáscara, tubérculos, raíces y otros órganos subterráneos. El primer grupo de

vegetales se encuentra en la selva húmeda, pero el segundo es propio de medios más secos.

En el siguiente millón de años hay fósiles de homínidos en cierta abundancia, asignados a la especie *Australopithecus afarensis*. El mayor registro de esta especie permite abordar una pregunta importante: ¿cuál de nuestros rasgos distintivos fue primero? Ya hemos visto que la bipedestación surgió antes del *Australopithecus afarensis*, en cambio, en cuanto a la encefalización, la inteligencia de estos homínidos estaba próxima a la de los actuales chimpancés.

Tampoco su desarrollo sería diferente, ni los recién nacidos vendrían al mundo más desvalidos y necesitados de cuidados.

Todos los fósiles mencionados hasta el momento proceden de yacimientos situados en el Rift Valley, una gran fractura del continente africano con varias ramas: la razón es que en las cuencas lacustres que se crearon a lo largo de esta grieta se dan condiciones favorables para la formación de yacimientos paleontológicos. Pero, además, las grandes montañas y altas planicies asociadas al Rift Valley hacen del este de África una zona de precipitaciones más escasas que en el centro y el oeste del continente a la misma latitud; a causa de esta menor pluviosidad esteafricana no se desarrollan pluvisilvas, sino bosques aclarados, formaciones herbáceas con árboles y matorrales dispersos (las sabanas), y grandes praderas. Es posible que fuera en estos bosques más abiertos y secos esteafricanos donde se produjo la evolución de un primate ecológicamente muy próximo al actual chimpancé hacia formas bípedas y con una alimentación que incluye productos vegetales duros. Sin embargo, pronto se extendieron los homínidos a poniente de su lugar de origen, porque se han encontrado sus restos fósiles en pleno Chad. Tal vez se trate además de una especie distinta de *Australopithecus afarensis*, con lo que se habría producido ya una primera diversificación de los homínidos.

Hace entre 3 y 2 m.a. hay varias formas de homínidos. Una especie denominada *Australopithecus africanus* vivió en Sudáfrica en la primera parte de este período y sus fósiles se encuentran esta vez en yacimientos de cueva. Los australopitecos no eran los habitantes de las grutas, sino que sus despojos fueron abandonados en ellas por los depredadores que les dieron caza. En torno a hace 2,5 m.a. el grupo está claramente escindido en dos grandes tipos de homínidos. Unos, los

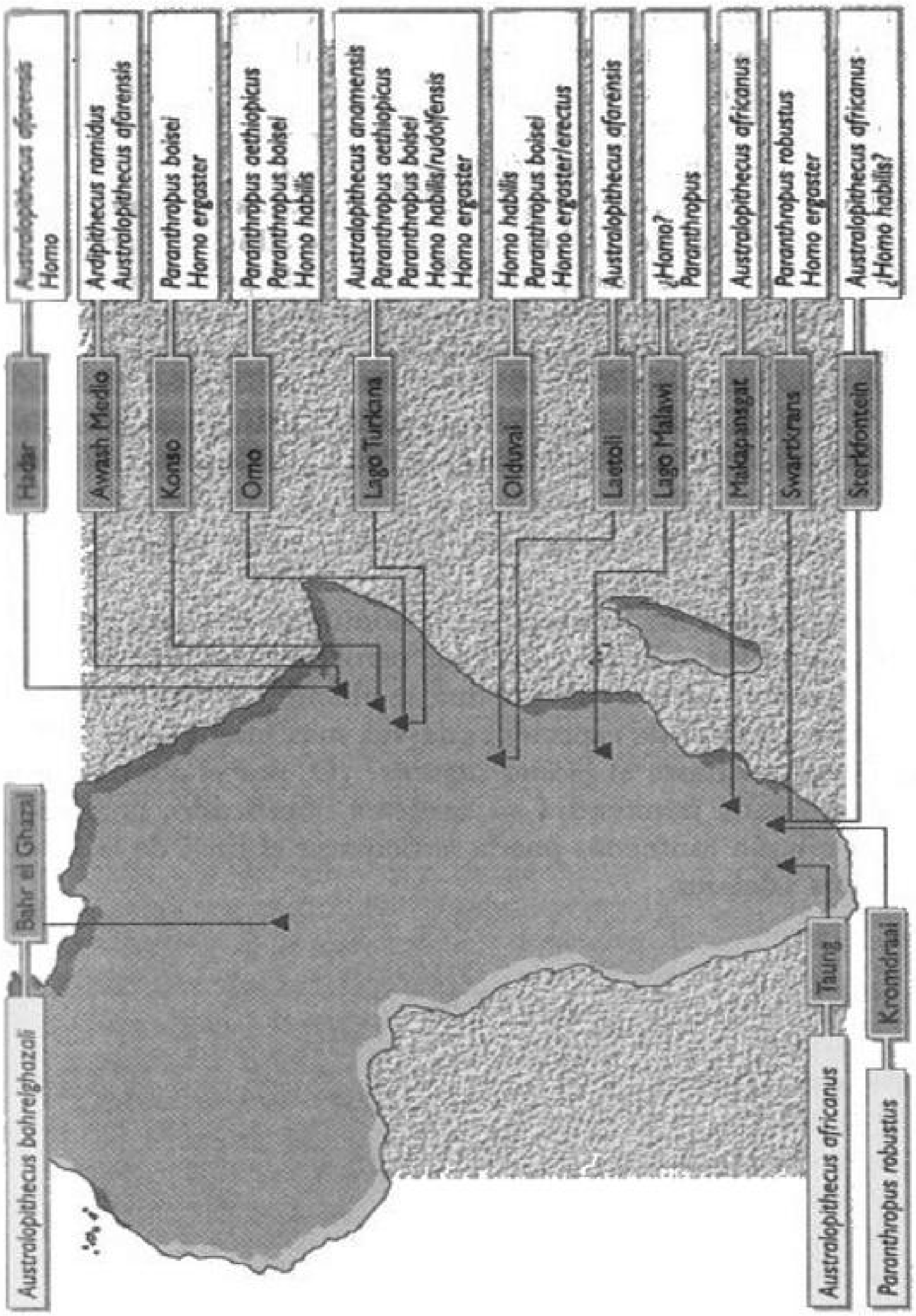
parántropos, desarrollaron un aparato masticador masivo, sin duda una especialización para procesar alimentos vegetales duros y abrasivos. El *Australopithecus afarensis* es su antepasado más o menos directo. Se conocen tres especies de parántropos: la especie esteafricana *Paranthropus aethiopicus*, que es la más antigua; *Paranthropus robustus*, que se encuentra en varias cuevas sudafricanas; y *Paranthropus boisei*, una forma del este de África que se extinguió hace poco más de 1 m.a. Los australopitecos y parántropos presentaban un marcado dimorfismo sexual en tamaño corporal. Es posible que formaran comunidades de varios machos emparentados, en las que cada uno agruparía en su torno un pequeño harén de hembras.

Otros homínidos, los humanos, desarrollaron su cerebro y empezaron a fabricar instrumentos de piedra. Al principio no eran muy diferentes de los australopitecos, en especial de la forma sudafricana. Hubo quizá varias formas de estos humanos todavía semejantes a los australopitecos, presumiblemente distribuidas por gran parte de África. Es probable que parántropos y humanos sean una respuesta al cambio climático que expandió los ecosistemas abiertos. Por primera vez nos encontramos con unos hominoideos que pueden considerarse como no propiamente forestales.

Luego, hace menos de 2 m.a., aparecieron unos humanos (*Homo ergaster*) claramente diferentes de todos los homínidos anteriores y de los parántropos contemporáneos. No sólo su cerebro era aún mayor y estaba organizado de otra manera; además, su cara era de aspecto más moderno, y su estatura era similar a la nuestra o quizá mayor en promedio (el resto de los homínidos mencionados eran mucho más bajos). También sus proporciones correspondían a un plan corporal en todo semejante al nuestro. Su modelo de desarrollo se alejaba del patrón de los antropomorfos (y del resto de los homínidos), haciéndose más lento. Este desarrollo prolongado implica un entorno social más protector, que hiciera posible que una madre pudiera cuidar de varias crías al mismo tiempo; probablemente, por primera vez, los machos intervenían en su cuidado y alimentación.

Dos factores son cruciales para entender la expansión y reestructuración cerebral de los humanos. Uno de ellos, un cambio en la alimentación con la incorporación regular de proteínas animales, lo hizo posible. Otro factor, el aumento de la

complejidad social, le dio sentido. La inteligencia se desarrolló, en gran medida, como inteligencia social.



MAPA 4. Localización de los principales yacimientos con fósiles de *Ardipithecus*, *Australopithecus*, *Paranthropus* y primeros representantes de *Homo*.

Estos humanos fueron capaces de «inventar» una tecnología lírica muy elaborada, que da cuenta de sus grandes capacidades mentales. Por fin, salieron de África y se adaptaron a una gran variedad de tierras y paisajes en toda Eurasia, como veremos en la segunda parte de este libro.

Y ahora que por fin ha surgido un homínido con una gran inteligencia, superior a la de cualquier otro primate pero inferior aún a la nuestra, ¿asistiremos a una evolución en línea recta, a una sucesión triunfal de especies cada vez más inteligentes, desde el *Homo ergaster* hasta el *Homo sapiens*? ¿O, por el contrario, la evolución humana mantendrá su carácter ramificado, complejo, sin que en ningún momento pueda anticiparse el final de la historia? Sigamos adelante.

Segunda Parte
UN NUEVO HOGAR

Capítulo 12
Nuevos escenarios para la evolución humana

Homínidos tan primitivos como Sinanthropus y Pithecanthropus deben haber vivido en Europa o en la mitad occidental del Viejo Mundo incluso antes de la aparición de homínidos avanzados como los de Heidelberg y Steinheim.
FRANZ WEIDENREICH, *The Skull of Sinanthropus pekinensis*

Contenido:

1. Homo erectus y el poblamiento de Asia

Puesto que los primeros humanos no fueron europeos ni asiáticos sino africanos, en algún momento del pasado se tuvo que producir el poblamiento inicial de Eurasia a partir de gentes llegadas de Africa. ¿Cuándo ocurrió este hecho?

Desde que Eugène Dubois (1858-1941) descubriera en 1891 la *calota* (o bóveda craneal) y el fémur de Trinil en Java, esta isla ha proporcionado un gran número de fósiles humanos. Los más antiguos, con más de 1 m.a., son algunos restos de la región de Sangiran y la *calvaria* infantil de Modjokerto (una calvaria es un

neurocráneo, o cráneo sin el esqueleto de la cara). Recientemente, los geocronólogos Cari Swisher y Garniss Curtis junto con otros colegas han datado por Argón-39/Argón-40, utilizando la nueva técnica de fusión por rayo láser, el Niño de Modjokerto en 1,8 m.a., y dos cráneos fragmentarios de Sangiran (el 27 y el 31) en 1,6 m.a. Un cráneo parcialmente conservado, Sangiran 4, y algunos fragmentos mandibulares son probablemente de la misma edad que los fósiles anteriores. De todos modos, conviene ser todavía prudentes respecto de estas fechas dado que la relación entre los fósiles y los sedimentos volcánicos datados no está del todo clara (éstos y muchos más fósiles de Java fueron recogidos por aficionados y no excavados profesionalmente).

Otros fósiles javaneses, como la calota de Trinil, Sangiran 2 (muy similar), y Sangiran 17 (el cráneo mejor conservado de todos los de Java), tienen una edad entre 500.000 años y algo menos de 1 m.a. Por último, los más modernos de todos los fósiles humanos de Java son la calvaria de Sambungmacan y catorce calvarias más o menos completas, dos tibias y restos pélvicos encontrados en las terrazas del río Solo en Ngandong.

Eugène Dubois era un médico holandés que se alistó como médico militar con el propósito de viajar a Java, donde esperaba descubrir el eslabón perdido entre el «mono» y el hombre, siguiendo las teorías del famoso biólogo evolucionista Ernst Haeckel (1834 1919), que situaba en las selvas de Asia, y no en las de África nuestros orígenes. Con la calota y el fémur que encontró en Trinil, Dubois creyó haber dado con el eslabón buscado, que bautizó como *Pithecanthropus erectus* («hombre-mono erguido»), hoy en día conocido como *Homo erectus*. Todos los fósiles de Java se adscriben a esta especie, aunque los restos de Ngandong, los más modernos, son algo distintos, reflejando un cierto cambio evolutivo.

Los fósiles javaneses como Sangiran 4, Sangiran 2 y la propia calota de Trinil no son muy diferentes en su arquitectura general de los fósiles africanos de *Homo ergaster*. Sus capacidades craneales se estiman entre 800 cc y 950 cc. En realidad, ambas especie comparten muchos rasgos primitivos, herencia común de homínidos anteriores. Por ejemplo, a pesar de que se ha producido un gran expansión cerebral respecto de los australopitecos, el neurocráneo sigue siendo bajo (o plano), con una frente muy tendida, su máxima anchura situada en la base, a la altura del hueso

temporal, desde donde las paredes laterales convergen hacia arriba, como se puede apreciar bien en vista posterior.

Sin embargo, los fósiles javaneses muestran unas características que no se encuentran entre los africanos de la especie *Homo ergaster*, y que caracterizan a toda la especie *Homo erectus*. En esencia, se trata de que el neurocráneo es más robusto, de paredes más gruesas, con un toro supraorbital recto y muy desarrollado que forma una auténtica visera, y otro refuerzo óseo transversal también muy conspicuo en el extremo posterior del cráneo, denominado *toro occipital*.

Hay además unos engrosamientos óseos en el techo de la bóveda craneal y en otras regiones del neurocráneo. En vista lateral se observa que el hueso occipital está muy angulado.

Aunque hay fósiles no pertenecientes al *Homo erectus* que presentan (si bien generalmente atenuados) algunos de estos rasgos que expresan robustez del neurocráneo, la combinación de todos ellos sólo se encuentra en esta especie. Además hay una serie de especializaciones en la base del cráneo del *Homo erectus*.

El único ejemplar fósil de Java que presenta el esqueleto facial bien conservado es Sangiran 17; en él se observa una cara muy ancha y bastante plana, que parece una versión robusta de la de fósiles de la especie *Homo ergaster* como ER 3733 y WT 15000. Además, un fragmento de mandíbula y algunos restos craneales apenas descritos de Java son extremadamente robustos, tanto que ha habido y hay autores que han querido hacer con estos fósiles un género diferente llamado *Meganthropus*; sin embargo, mientras no se disponga de una documentación fósil más completa, es demasiado aventurado admitir la coexistencia de dos especies humanas en Java.

Desde el punto de vista evolutivo, parece razonable aceptar que el *Homo erectus* deriva del *Homo ergaster*, aunque se aprecian cambios importantes que justifican que se los considere especies diferentes. Louis Leakey encontró en 1961 en Olduvai una calvaria incompleta (OH 9) que se data entre 1,4 y 1,2 m.a. Por la morfología de lo poco que se conserva, parece representar el eslabón intermedio entre el *Homo ergaster* y el *Homo erectus*. Sin embargo, de confirmarse que el primer poblamiento de Java se produjo hace 1,8 m.a., ya no podría ocupar ese lugar en la evolución humana.

En China, dos supuestos utensilios líticos, un fragmento mandibular con un molar y un premolar, y un incisivo humano suelto procedentes del yacimiento de Longgupo, podrían alcanzar una edad similar a la que ahora se atribuye a los primeros javaneses. Sin embargo, la edad es discutible, y la mandíbula podría no ser humana, sino de algún pariente de los orangutanes según algunos expertos. El incisivo es sin duda humano, aunque todavía no se tiene suficiente información sobre la posición de este resto en la estratigrafía del yacimiento (es decir, en el conjunto de capas que lo forman).

Si no se tienen en cuenta los problemáticos hallazgos de Longuppo, el fósil más antiguo de China es un cráneo muy mal conservado procedente de Gongwangling (Lantian), que parece tener algo menos de 1 m.a. La mandíbula de Chenjiawo (también de Lantian), puede ser de la misma edad o algo más moderna.

La más completa documentación humana fósil de China se encuentra en la cueva de Zhoukoudian, a unos 50 km de Beijing (o Pekín). Desde 1921, año en que comenzaron las excavaciones, se han descubierto restos de muchos individuos diferentes, incluyendo cinco calvarias. Por desgracia, la práctica totalidad de los fósiles se perdieron en 1941 cuando fueron enviados desde Pekín a Estados Unidos escoltados por infantes de marina americanos para que estuvieran «más seguros». Los fósiles nunca llegaron a su destino porque el convoy fue capturado por los japoneses, aunque no parece que lograsen apoderarse de los fósiles; en cualquier caso, nunca se ha vuelto a saber de ellos. Queda como consuelo el magnífico estudio que realizara Franz Weidenreich (1873-1948) y moldes de los fósiles.

En excavaciones más modernas se han encontrado algunos nuevos restos humanos. Los fósiles de Zhoukoudian se encuentran en varios niveles del yacimiento y se datan entre 250.000 años, los más modernos, y 550.000 años los primeros. Desde el punto de vista evolutivo los fósiles humanos de Zhoukoudian corresponden a la misma especie que los de Java, es decir al *Homo erectus*; sus capacidades craneales, estimadas en las cinco calvarias, varían entre 915 cc y 1225 cc.

2. Los primeros europeos

Al sur del Cáucaso, en Dmanisi (Georgia), a las puertas de Europa como quien dice, se ha descubierto recientemente una mandíbula humana a la que se le concede una

antigüedad muy grande, en torno a 1,5 m.a., si bien podría ser algo más moderna; desgraciadamente, es difícil saber por una mandíbula cómo eran aquellos homínidos.

Aunque, según se ha visto, todavía hay muchas dudas sobre la antigüedad de los primeros asiáticos, parece seguro que supera ampliamente el millón de años. ¿Cuándo llegaron los primeros humanos a Europa?

La evidencia más vieja de presencia humana en Europa podría estar en Cueva Victoria (Murcia). Aquí se ha encontrado una falange de mano que es sin duda de un primate y podría ser humana (así nos lo parece a nosotros) o de *Tberopithecus oswaldi*, un gran mono ya mencionado en este libro, que ha sido identificado; en la misma cueva a partir de un molar. Desgraciadamente, la falange fue recogida fuera de su lugar original, y aunque ha sido asignada a una brecha datada en más de 1 m.a., la certeza nunca es completa en estos casos.

También en la península Ibérica, Josep Gibert y sus colaboradores han presentado como humanos unos restos fósiles procedentes del yacimiento de Venta Micena (Orce, Granada). El yacimiento tiene una antigüedad ligeramente superior a 1 m.a., pero los fósiles no son humanos en nuestra opinión.

Desde su descubrimiento en 1907, el fósil humano tenido como más antiguo de Europa era la mandíbula de Mauer (encontrada cerca de Heidelberg, Alemania). Su antigüedad se sitúa en torno a los 500.000-600.000 años. Más recientemente, en 1993 se descubrió una diáfisis de tibia humana en el yacimiento inglés de Boxgrove, que se consideró de edad similar a Mauer. Cierto número de autores llegaron a considerar que el primer poblamiento humano de Europa no se produjo mucho antes de hace 500.000 años.

Sin embargo, el debate sobre el primer poblamiento humano de Europa iba a cambiar para siempre en el verano de 1994 con los descubrimientos de la Gran Dolina en España.

3. La Gran Dolina y los primeros europeos

El yacimiento denominado Gran Dolina pertenece al conjunto de yacimientos cársticos (de cueva) de la Sierra de Atapuerca, muy cerca de la ciudad de Burgos, que se han excavado a partir de 1978 bajo la dirección de Emiliano Aguirre. Desde

1991 la dirección del proyecto corresponde a sus colaboradores Juan Luis Arsuaga, José María Bermúdez de Castro y Eudald Carbonell.

A finales del siglo XIX y los primeros años del XX, se construyó un ferrocarril para transportar mineral desde la Sierra de la Demanda hasta las inmediaciones de Burgos. El trazado del ferrocarril describe una gran curva a la altura de la Sierra de Atapuerca, entrando en ella y atravesándola. La trinchera que se construyó puso al descubierto una serie de cuevas rellenas de sedimento hasta el techo. Entre ellas se encuentra la Gran Dolina, que ofrece una impresionante secuencia estratigráfica de 18 m de potencia, con once niveles numerados desde abajo hacia arriba.

Un yacimiento es como un libro que se lee desde arriba hacia abajo, es decir desde el último capítulo hasta el primero. En la Gran Dolina la excavación (con una extensión de 100 m^2) progresa lentamente en los niveles superiores, equivalentes a los últimos capítulos del libro. Se ha excavado ya el nivel 11 (o TD11), que ronda los 300.000 años, y se va a acometer la excavación del nivel 10 (TD10), muy rico en fauna e instrumentos líticos y que se aproxima a los 400.000 años de antigüedad. Además, se han tomado muestras de toda la secuencia estratigráfica del yacimiento y se ha excavado una pequeña parte de los niveles inferiores, encontrándose restos de animales muy antiguos y algunos instrumentos líticos. Por eso, el equipo de investigaciones de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca sabía que en los niveles más bajos del yacimiento, en los primeros capítulos del libro, había indicios de una presencia humana muy antigua en la Sierra.

Igual que a veces no podemos resistir la tentación de echar un vistazo al final del libro para averiguar cómo termina, el científico que excava siente los mismos deseos de conocer el comienzo de su historia. La manera que tiene de hacerlo es practicar una cata o sondeo, que es un atajo para llegar a lo más profundo del yacimiento.

En la Gran Dolina se empezó un sondeo de 6 m2 en 1993, y en la campaña de julio de 1994 se alcanzó el nivel 6 (o TD6). En esa campaña y las dos siguientes, el nivel TD6 proporcionó unos ochenta restos humanos y doscientos útiles.

Cuando se encontraron estos fósiles humanos no se sabía aún su antigüedad exacta, pero estaba claro que eran más viejos que la mandíbula de Mauer. Esta

seguridad se basaba en la fauna encontrada en TD6, en particular en la presencia de un roedor fósil denominado *Mimomys savini*.

Hace unos 500.000 años esta especie de roedor dio paso a una forma primitiva de la actual rata de agua, llamada *Arvícola cantiana*. La mandíbula de Mauer y la tibia de Boxgrove se encuentran asociadas a *Arvícola cantiana*, mientras que en TD6 hay *Mimomys savini*.

Se suele situar el comienzo de la época llamada Pleistoceno hace aproximadamente 1,7 m.a. (desde hace 10.000 años nos encontramos en un interglacial del Pleistoceno, que a veces se considera una época distinta denominada Holoceno). El Pleistoceno se divide en tres partes:

Pleistoceno Inferior, Medio y Superior. El final del Pleistoceno Inferior y comienzo del Medio se hace coincidir con un cambio ocurrido hace 780.000 años en el campo magnético terrestre, que pasó de tener una polaridad «invertida», a tener la polaridad actual o «normal». El Pleistoceno Inferior pertenece al cron de polaridad «invertida» llamado *Matuyama*, y desde hace 780.000 años estamos en un cron de polaridad «normal» conocido como *Brunhes*.

Los estudios de geología y paleomagnetismo realizados por Alfredo Pérez-González y Josep Maria Parés localizaron el cambio de polaridad magnética que marca el final del Pleistoceno Inferior y el comienzo del Medio por encima del nivel 6 de la Gran Dolina (TD6). De este modo, la edad de los fósiles humanos e industria lítica asociada supera los 780.000 años de antigüedad.

Esta evidencia obliga a admitir un primer poblamiento europeo mucho más antiguo de lo que algunos pensaban, aunque tal vez la presencia humana en el continente no alcanzara entonces la extensión y densidad del último medio millón de años.

Los fósiles humanos de TD6 corresponden a diversas partes del esqueleto y al menos a seis individuos de diferentes edades de muerte. Habida cuenta de las escasas dimensiones del sondeo, se espera que este nivel proporcione, cuando se excave en extensión dentro de algunos años, una riquísima muestra de fósiles humanos y utensilios.

El conjunto de piezas líticas de TD6, sin bifaces ni hendedores, se considera del Modo 1. Esta atribución plantea un problema interesante, porque hay Achelense (Modo 2) en el este de África hace 1,6 m.a. y en ’Ubeidiya (Israel) poco después.

¿Por qué, entonces, los primeros fósiles europeos no aparecen asociados a este tipo de industria?

Este mismo problema se plantea con los yacimientos de China y Java, que también carecen de bifaces y hendedores. Hay varias posibles respuestas a esta pregunta. Tal vez los primeros pobladores de Europa y Asia abandonaron el estilo Achelense de tallar de sus antepasados; se ha dicho que las poblaciones del oriente lejano utilizarían con frecuencia otro tipo de materia prima para sus instrumentos, como el bambú, por ejemplo.

Tal vez, como proponen Eudald Carbonell y su equipo, las gentes que elaboraban en el este de África la industria Achelense poseían una cultura más avanzada que las que fabricaban una tecnología del Modo 1; en consecuencia, experimentaron un crecimiento demográfico y forzaron a ocupar áreas marginales del continente africano y finalmente a emigrar fuera de África a los grupos que no disponían de la cultura superior.

Por último, las nuevas dataciones antes comentadas para Java y China hacen viable un nuevo argumento: quizá los primeros asiáticos abandonaron África antes de que allí surgiera el Achelense. Para Europa esta misma explicación es posible, pero aquí no disponemos de fechas fiables tan antiguas para el poblamiento inicial. No lejos de Venta Micena, en Fuente Nueva-3, se ha encontrado recientemente un conjunto de utensilios líticos (sin bifaces ni hendedores) algo anteriores a los de la Gran Dolina, y siempre es posible que en un futuro aparezcan otros aún más antiguos en algún lugar de Europa. Por otro lado, los primeros fósiles europeos del Pleistoceno Medio como Mauer y Boxgrove sí están asociados a la tecnología Achelense. Cabe preguntarse cómo llegó el Achelense a Europa, si con una nueva oleada colonizadora o simplemente la técnica fue pasando desde África de unas poblaciones a otras, sin desplazamiento de gentes ni flujo de genes. El problema de si los cambios tecnológicos que se observan en un determinado lugar implican la llegada de un nuevo tipo humano es recurrente en Prehistoria, y nos volveremos a encontrar con él más adelante.

4. Canibalismo prehistórico

Los fósiles humanos no «deberían» estar en la cueva de la Gran Dolina. De hecho, nunca «deberían» hallarse restos humanos en los yacimientos cársticos que tienen cientos de miles de años de antigüedad. En cambio sí «deberían» encontrarse, y así sucede con frecuencia, huesos de carnívoros, de herbívoros y utensilios líticos. La razón es muy simple. Los carnívoros (leones, panteras linces, hienas, lobos, cuones, zorros...) se establecían en las cuevas y hacían de ellas su refugio y cubil. Vivían, se reproducían y morían allí. Los osos incluso pasan el invierno (hibernan) en las cuevas. Los herbívoros no viven en las cuevas, pero los carnívoros y los carroñeros transportan sus cadáveres a las cuevas para consumirlos. Los seres humanos utilizaban ocasionalmente las cuevas, permanecían en ellas algún tiempo, en general poco, fabricaban utensilios de piedra y los utilizaban, abandonándolos después. También ellos aportaban al yacimiento presas animales que consumían. Finalmente se iban.

Para que un hueso humano fosilizara en una cueva haría falta que algo extraordinario sucediera. Tal vez que un carroñero, una hiena por ejemplo, transportara una parte de un cadáver humano o simplemente un hueso encontrado en el campo. Pero para que se acumularan los esqueletos de al menos seis individuos diferentes, las circunstancias tuvieron que ser aún más excepcionales, más afortunadas para nosotros, aunque puede que no tanto para los humanos en cuestión. Porque, en este caso, se trata de un festín caníbal.

Los restos humanos de la Gran Dolina aparecen mezclados con los de animales, y bastante rotos. Algunos presentan estrías de corte producidas por el filo de un instrumento de piedra empleado con ánimo de separar la carne del hueso. Está, pues, claro que fueron descarnados y consumidos allí mismo por otros humanos. Se trata de la evidencia más antigua conocida de este tipo de práctica. Es difícil imaginar que responda a un comportamiento ritual, y parece, en principio, que los cuerpos humanos no fueron tratados con más respeto que los herbívoros con los que aparecen mezclados sus restos, pero los estudios que desarrollan varios investigadores del equipo de Atapuerca tienen la última palabra.

5. Homo antecessor

Cuando se encuentran fósiles nuevos, el paleontólogo los compara con aquéllos descubiertos anteriormente en otros yacimientos para tratar de determinar a qué especie pertenecen. A veces resulta de la comparación que los nuevos fósiles no son como ninguno de los demás y entonces se crea para ellos una especie nueva. Éste es el procedimiento que se ha seguido con los fósiles humanos de la Gran Dolina. Después de muchos estudios y comparaciones, en 1997 José María Bermúdez de Castro, Juan Luis Arsuaga, Eudald Carbonell, Antonio Rosas, Ignacio Martínez y Marina Mosquera crearon la especie *Homo antecessor* (*antecessor*: «pionero», el que antecede a los demás).

Otro problema es el de saber qué lugar ocupa la nueva especie en la evolución humana. En los fósiles de la Gran Dolina se observan rasgos primitivos en la dentición y otras partes del esqueleto, lógicos teniendo en cuenta que los fósiles tienen unos 800.000 años. En fósiles europeos posteriores no se encuentran ya estos caracteres arcaicos, razón por la que los humanos de la Gran Dolina no se consideran de la misma especie que fósiles como la mandíbula de Mauer, que tiene una edad de aproximadamente 500.000 años. Por otra parte, la especie representada en la Gran Dolina no es *Homo erectus*, ya que carece de sus especializaciones. Finalmente, estos primeros pobladores europeos podrían representar una población tardía de *Homo ergaster*. Sin embargo, no es así por varias razones.

Un fragmento mandibular de un adolescente de la Gran Dolina muestra una menor robustez. El canino y la tercera muela también están reducidos. Y además tenemos la morfología de un niño con unos once años de edad a su muerte, que ha constituido una auténtica sorpresa. De este niño se conserva una parte del hueso frontal, sobre todo de la mitad derecha, que presenta un toro supraorbitario bien desarrollado. Seguro que de adulto el toro sería muy robusto. Se han podido estimar algunos diámetros transversales del cráneo en su parte anterior, que permiten asegurar que el tamaño del cerebro del Niño de la Gran Dolina era superior al del *Homo ergaster* (después de los once años el cerebro ya no crece apenas). En los tres cráneos mejor conservados de esta última especie (ER 3833, ER 3733 y WT 15000) las capacidades craneales son de 804 cc, 850 cc y 900 cc (respectivamente), mientras que en el Niño de la Gran Dolina no bajaría de 1000 cc.

La cara del Niño de la Gran Dolina es increíblemente moderna. En el *Homo habilis*, el *Homo ergaster* y, por lo que se sabe, también en el *Homo erectus*, el esqueleto de la cara es todavía bastante plano. Sin embargo, nuestra cara tiene relieves, porque la abertura nasal se encuentra en una posición más adelantada que el resto, y los huesos de las mejillas (el maxilar y el malar) están excavados por debajo de los pómulos, que forman así un saliente marcado. Es esa combinación de un frontal primitivo con una cara moderna lo que hace que el Niño de la Gran Dolina no sea un fósil más, sino un espécimen muy importante para el conocimiento de nuestros orígenes.

Siempre se creyó que la cara moderna era reciente en la evolución humana, o sea, que aparecía con nuestra especie, y de pronto vemos que ya existía hace 800.000 años. ¿Dónde se encuentran los fósiles con cara moderna de edad intermedia? La respuesta la tenemos en la propia Gran Dolina, donde también se han encontrado fragmentos del esqueleto de la cara de individuos adultos, que presentan el relieve atenuado. Ahora sabemos que a lo largo del desarrollo la cara crecía hasta hacerse muy grande y robusta, también más hinchada por la expansión de los senos maxilares, enmascarándose en definitiva en el adulto los rasgos de la faz infantil.

Muchos cientos de miles de años después, nuestros antepasados directos experimentaron una expansión cerebral que modificó la estructura del neurocráneo, y una reducción del aparato masticador, que afecta a la cara, la mandíbula y los dientes. Éstos son los dos rasgos craneales que nos singularizan. La expansión cerebral supuso una reorganización bastante completa del neurocráneo junto con un cambio muy apreciable en su forma, pero la reducción del aparato masticador se llevó a cabo de la manera más sencilla posible: el esqueleto facial no se desarrolla completamente y mantiene un aspecto infantil. O dicho de otra manera, nuestra cara de adultos es como la de los niños de nuestros antepasados.

Vemos pues que los fósiles de la Gran Dolina se encuentran en una posición evolutiva intermedia entre el *Homo ergaster* y nosotros, que somos los únicos humanos en la actualidad. La especie *Homo antecessor* es antepasada de la nuestra, pero, como veremos más adelante, también lo es de los neandertales (figura 12.1), otra especie humana distinta de nosotros que se extinguió hace pocos

miles de años (prácticamente ayer si se compara con la enormidad del tiempo geológico, e incluso con la pequeña duración de la evolución humana).

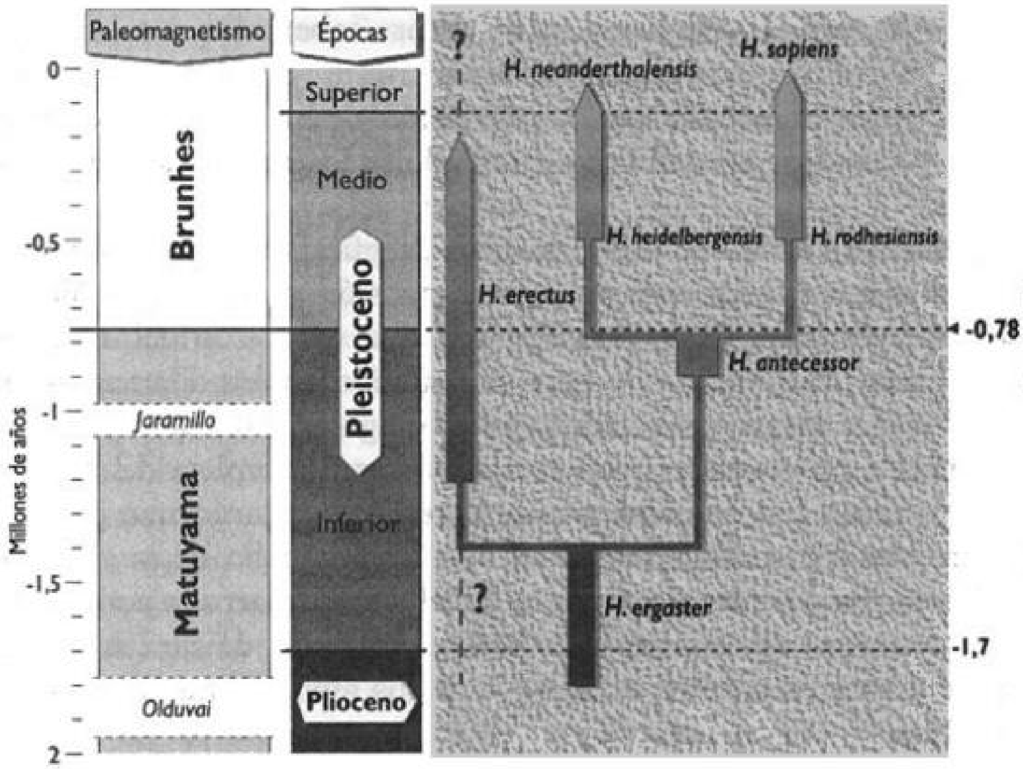


FIGURA 12.1. Esquema evolutivo propuesto por los autores para el género Homo a partir del momento del poblamiento de Eurasia. Se incluye la especie recién creada Homo antecessor.

En principio, se supone que los primeros humanos llegaron hasta la península Ibérica por vía exclusivamente terrestre, es decir desde Asia y atravesando toda Europa. No hay razones para pensar que el estrecho de Gibraltar se cerrara en ningún momento de los últimos 3 m.a., aunque probablemente eso sí ocurrió durante un pequeño intervalo de tiempo al final del Mioceno, hace entre >6,5 y 5 m.a. (es decir, demasiado pronto para el paso de los humanos, que aún no existían).

Como por otro lado las corrientes del Estrecho no favorecen el cruce del mismo, ni se les suponen conocimientos de navegación a los primeros humanos, no hay argumentos sólidos en los que apoyar una vía occidental, directamente desde

África, para la colonización europea. Veremos en su momento que la más antigua navegación humana conocida se produjo hace pocos miles de años e hizo posible el poblamiento de Australia y Nueva Guinea. Y los que la llevaron a cabo eran humanos de nuestra propia especie (cuando el nivel del mar desciende en las épocas glaciales, se puede llegar andando a Java y a Inglaterra, pero no a Australia).

Pero si las poblaciones europeas de *Homo antecessor* vinieron de Asia, y éstas a su vez de África, ¿dónde están sus fósiles fuera de Europa? La respuesta es que aún no se han hallado, entre otras cosas porque no hay buenos fósiles africanos de la misma antigüedad, y los fósiles asiáticos que podrían ser contemporáneos son los del *Homo erectus* del Extremo Oriente. En el norte de África se encontraron tres mandíbulas y un hueso parietal en el yacimiento de Tighenif (antes Ternifine, Argelia) que se datan en hace unos 700.000-600.000 años, es decir posteriores a los fósiles del *Homo antecessor*. Hay otras mandíbulas de parecida edad o algo más tardías en el este de África y en Marruecos. Desgraciadamente en la Gran Dolina sólo hay un fragmento de mandíbula de un adolescente para comparar con las africanas.

Habrá que seguir esperando por tanto para conocer a los parientes africanos de los fósiles de la Gran Dolina. A partir de ese momento, la rama europea de *Homo antecessor*, representada por los humanos de la Gran Dolina, y la rama africana, cuyos fósiles aún no han sido descubiertos, siguieron historias evolutivas diferentes.

6. Evolución humana en Europa en el Pleistoceno Medio

Hasta hace poco tiempo, los yacimientos europeos se asociaban a alguno de los períodos fríos o cálidos de las glaciaciones alpinas, establecidas a partir de las terrazas fluviales del curso alto del Danubio. Sin embargo, como ya se ha comentado en el capítulo de clima, en la actualidad más que las glaciaciones se utilizan las *curvas de paleotemperaturas* establecidas a partir de las proporciones entre los isótopos pesado y ligero del oxígeno, obtenidas en caparazones calcáreos de microfósiles procedentes de sondeos marinos profundos. Este registro es mucho más continuo que el continental, y refleja cambios de temperatura a escala planetaria, ya que la proporción entre los isótopos del oxígeno está relacionada con

el tamaño de los casquetes polares y los correspondientes ascensos y descensos del nivel del mar. Las curvas de paleotemperaturas se han dividido en una serie de estadios isotópicos, que se numeran desde el actual hacia atrás. El presente es el estadio isotópico número 1. Todos los estadios impares son cálidos, y los pares fríos. El Pleistoceno Medio es una división del Pleistoceno que va desde el cambio de polaridad magnética Matuyama/Brunhes de hace 780.000 años hasta el inicio del estadio isotópico 5; este estadio cálido comenzó hace unos 127.000 años con un momento de clima especialmente caluroso (quizás aún más que el actual). El Pleistoceno Medio es un período muy importante en la evolución humana porque es cuando se gestan las dos especies humanas que conocemos mejor: los neandertales y nuestra propia especie.

Los fósiles humanos más antiguos del Pleistoceno Medio europeo junto con los de Mauer y Boxgrove, son los de Arago (Francia) y Ceprano (Italia), datados todos en más de 415.000 años (es decir, anteriores al estadio isotópico IX). La cueva de Arago ha proporcionado dos mandíbulas, un esqueleto facial y un parietal derecho que parecen del mismo individuo, un coxal, y algunos otros restos humanos. La calvaria incompleta de Ceprano fue descubierta en la cuneta de una autopista en construcción. Morfológicamente ha sido descrita como muy arcaica y próxima al *Homo erectus*. Se trata de un espécimen muy interesante, pero sobre el que aún existen muchas dudas, tanto en su cronología como en su posición filogenética (evolutiva).

Se puede establecer otro conjunto con los fósiles humanos del Pleistoceno Medio de edad intermedia, que estarían situados cronológicamente entre los estadios isotópicos 11 y 8 (de 415.000 a 245.000 años). Éstos son los restos craneales de Bilzingsleben, Steinheim y Reilingen (Alemania), Swanscombe (Inglaterra), Petralona (Grecia), Vértesszöllös (Hungría) y Sima de los Huesos (otro yacimiento de la Sierra de Atapuerca del que nos ocuparemos por extenso más adelante).

Los últimos fósiles del Pleistoceno Medio europeo son los del estadio cálido 7 (de 245.000 a 190.000 años) y el frío 6 (entre 190.000 y 127.000 años); en este conjunto se incluyen, entre otros, los restos de Ehringsdorf (Alemania), Biache-Saint-Vaast y La Chaise-Abri Suard (Francia). En 1993 se descubrió un esqueleto completo recubierto de concreción calcárea al pie de una sima, en el interior de la

cueva de Lamalunga (Altamura, Italia). Tal vez sea un fósil del Pleistoceno Medio final. También de finales del Pleistoceno Medio son los dientes de Pinilla del Valle (Madrid). Es posible que lo sean igualmente el molar de Bolomor (Valencia), el húmero de Lezetxiki (Guipúzcoa) el húmero y coxal del Tossal de la Font de Vilafamés (Castellón), y la mandíbula y otros restos humanos de Valdegoba (Burgos). De Bañolas (Gerona) procede una mandíbula de morfología desconcertante (quizá relacionada con el extraño desgaste que presentan los dientes), difícil de adscribir a ningún grupo. Algunos autores la han considerado de finales del Pleistoceno Medio, aunque el travertino en el que se encontró es mucho más moderno (en torno a 45.000 años). Por último, en el yacimiento de Cabezo Gordo (Murcia) se han hallado fósiles humanos, al parecer algunos de ellos del Pleistoceno Medio.

7. La Sima de los Huesos

Ya hemos comentado que el hallazgo de un fósil humano en un yacimiento europeo del Pleistoceno Inferior o Medio es algo parecido a un milagro. De ahí que sean tan escasos y tan valiosos. Una de esas rarísimas y afortunadas circunstancias (para nosotros) se produjo en la Gran Dolina, y la causa fue un episodio de canibalismo que tuvo lugar hace unos 800.000 años. Pero en otro lugar de la misma Sierra de Atapuerca se encuentra el mayor yacimiento de fósiles humanos jamás descubierto, y debe su existencia a otra causa extraordinaria.

No lejos de la trinchera del ferrocarril abandonado y de la Gran Dolina se desarrolla bajo tierra un extenso sistema de cavidades con dos entradas: Cueva Mayor y Cueva del Silo. A través de medio kilómetro de accidentado camino desde la boca de la Cueva Mayor se alcanza un conducto vertical (una sima) de 14 m de caída, que se prolonga unos pocos metros más en una rampa y una pequeña cámara final. Este fondo de saco se denomina la Sima de los Huesos y, en efecto, se encuentra en ella un gran depósito de huesos fósiles englobados en arcilla. Los huesos son todos de carnívoros o humanos; no se ha encontrado ni un solo fósil de herbívoro, ni tampoco utensilios líricos. Entre los carnívoros, la mayoría son osos de la especie *Ursus deningeri*, el antepasado del enorme oso de las cavernas que vivió muchos

miles de años más tarde. Hay probablemente más de dos centenares de estos osos acumulados en la Sima de los Huesos.

También hay restos de algunos leones, lobos, linces, gatos, zorros y mustélidos del tipo de la garduña y de la comadreja. En cuanto a los humanos, hay al menos treinta y dos individuos en el yacimiento. Tanto en el caso de los carnívoros como en el de los humanos se encuentran representadas todas las partes del esqueleto, lo que prueba que en la Sima se acumularon cadáveres completos, y no huesos aislados.

El primer fósil humano de la Sierra de Atapuerca fue encontrado aquí en 1976 por el especialista en osos fósiles Trino Torre y el grupo de espeleología burgalés Edelweiss. Este descubrimiento trascendental hizo que Emiliano Aguirre, director entonces de la tesis doctoral de Trino Torres, pusiera en marcha un ambicioso proyecto de excavaciones en toda la Sierra de Atapuerca. Las actividades incontroladas de visitantes a la Sima de los Huesos antes de 1976 alteraron los sedimentos superiores de parte del yacimiento, de manera que en la excavación del año 1976, en el muestreo de 1983 y en las campañas de 1984 a 1988 se intervino casi en exclusiva sobre sedimento revuelto. En 1989 se completó prácticamente la evacuación de estos materiales y desde entonces se excava el sedimento intacto en sucesivas campañas anuales.

El trabajo de evacuación al exterior del sedimento revuelto (en mochilas hasta 1987), la extracción de varias toneladas de grandes bloques de caliza, y la adecuación de la infraestructura de yacimiento, supusieron un gran esfuerzo. Por otro lado, los sedimentos alterados por los excursionistas contenían casi exclusivamente huesos de osos, con muy pocos restos humanos, además muy fragmentados. Pero todo este trabajo se vio compensad en 1992 con el hallazgo de tres cráneos muy completos, incluyendo el que hoy por hoy es el mejor conservado del registro fósil de la evolución humana, el Cráneo 5 (figura 12.2). En la actualidad las excavaciones en la Sima de los Huesos continúan produciendo una gran cantidad de fósiles humanos muy bien conservados.

Para establecer la antigüedad de los fósiles humanos, se está llevando a cabo un amplio programa de datación de espeleotemas en la Sima, así como de los propios restos humanos y de osos directamente por series de uranio y ESR. Llevan a cabo

este trabajo los geocronólogos James Bischoff y Christophe Falguéres. Los resultados obtenidos, en consonancia con la fauna, dan una edad para los fósiles humanos en torno a los 300.000 años.

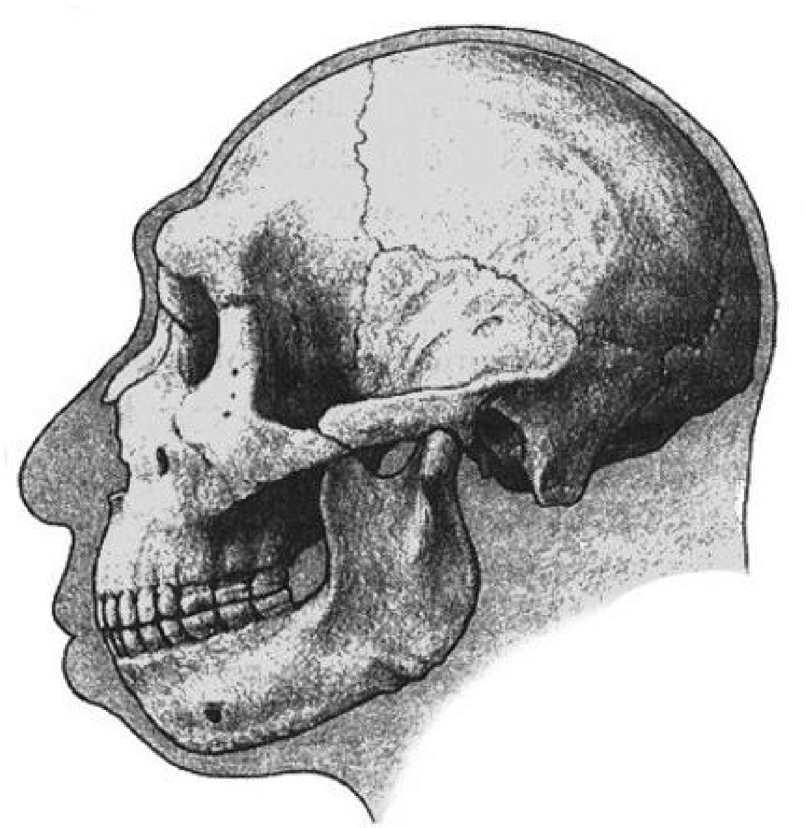


FIGURA 12.2. El Cráneo 5 de la Sima de los Huesos.

¿Cómo se formó este yacimiento? Las cavidades aledañas a la Sima, dentro de la Cueva Mayor, también contienen abundantes restos de osos de la misma especie que el de la Sima, que sin duda utilizaban esas salas para hibernar y a veces morían por causas naturales (por enfermedad, vejez o simplemente porque no acumularon suficientes grasas durante el otoño para pasar el largo invierno). Algunos de los osos que ocupaban la cueva caerían accidentalmente por la Sima, de la que no podrían escapar. Algún que otro león, lobo, etcétera, atraído por el olor de la carroña también se precipitaría de cuando en cuando en esta especie de trampa natural (en Europa hay otros yacimientos de este tipo al pie de simas). No necesitaban entonces realizar el largo recorrido que se sigue en la actualidad desde

la boca de Cueva Mayor, puesto que existía un acceso mucho más inmediato que más tarde se desplomó.

Sin embargo, la presencia de al menos treinta y dos cadáveres humanos en el yacimiento es más difícil de explicar que la de los osos. La ausencia de herbívoros y de industria lítica permite descartar que los humanos desarrollaran en este lugar sus actividades habituales (aun en el caso de que, además de la propia Sima, existiera entonces un acceso menos accidentado). Tampoco parece razonable atribuir la acumulación de cadáveres humanos a la acción de carnívoros, de nuevo por la ausencia de herbívoros en el depósito. Quedan entonces dos alternativas. Una es muy vaga: algún tipo de acontecimiento catastrófico desconocido. La otra, por la que apostamos, identifica como responsables de la acumulación a otros seres humanos, que habrían dejado caer los cuerpos de sus compañeros muertos por una sima en un lugar escondido y oscuro de una cueva.

Se trataría de la más antigua evidencia conocida de práctica funeraria.

La paleodemografía (distribución de edades de muerte) de los fósiles de la Sima de los Huesos ha sido estudiada por José María Bermúdez de Castro en el curso de sus trabajos de Paleoantropología Dental. Así se sabe que la mayor parte de los individuos cuyos cuerpos se acumularon en el yacimiento eran adolescentes de trece a diecinueve años y adultos jóvenes, de menos de treinta años. Esta distribución de edades es un misterio más entre los muchos que encierra la Sima de los Huesos. ¿Por qué faltan los niños y los adultos maduros y viejos?

¿Murieron todos los individuos en poco tiempo (meses o años), o la acumulación es el resultado de una práctica que se prolongó durante generaciones? ¿Es posible que en aquella época fallecieran todos muy jóvenes, antes de los cuarenta años? Esta última hipótesis es difícil de admitir, ya que sabemos que el desarrollo en esta población fósil era de duración similar al moderno, y por tanto cabe pensar que también su longevidad potencial se aproximaría a la que tenemos ahora. Sin ir más lejos, los chimpancés, cuyo desarrollo dura mucho menos que el humano, alcanzan en libertad edades superiores a los cuarenta años. Éste es, en todo caso, uno de los problemas que se investigan actualmente, y que también tiene un gran interés para tratar de averiguar el origen de la acumulación de tantos cadáveres en la Sima de los Huesos.

Los autores de este libro, junto con José Miguel Carretero, Ana Gracia y Carlos Lorenzo han venido trabajando muchos años en el estudio de los fósiles humanos de la Sima, incluyendo entre sus temas de interés preferente las diferencias entre los sexos en tamaño corporal. Muchos especialistas han sostenido que puesto que el dimorfismo sexual en volumen corporal era mucho mayor en los primeros homínidos que ahora, a lo largo de la evolución humana se habría ido produciendo una reducción a un ritmo más o menos constante. Según esto, los fósiles del Pleistoceno Medio, incluso los neandertales del Pleistoceno Superior, tendrían todavía un mayor dimorfismo sexual que nosotros.

Ahora bien, a la hora de contrastar esta hipótesis surgen dos graves problemas. Uno es la proverbial escasez de fósiles, especialmente del esqueleto postcraneal, que es el que se utiliza para estimar el tamaño corporal. Así los investigadores se veían obligados a juntar fósiles procedentes de yacimientos de diferentes lugares y épocas para llegar a formar una muestra, que además era muy reducida. El problema era menor en el caso de los neandertales, para los que se dispone de una muestra mucho más amplia (pero también dispersa).

El segundo problema era metodológico. Para comparar mujeres y varones hace falta establecer primero el sexo de los fósiles. Generalmente se utiliza el criterio de tamaño: los huesos grandes serían de varones y los pequeños de mujeres. Pero cuando las diferencias de tamaño no son tremendas como en los gorilas y orangutanes, queda una amplia franja de individuos masculinos de tamaño mediano y pequeño, e individuos femeninos grandes y medianos, en la que es difícil establecer el sexo de los restos.

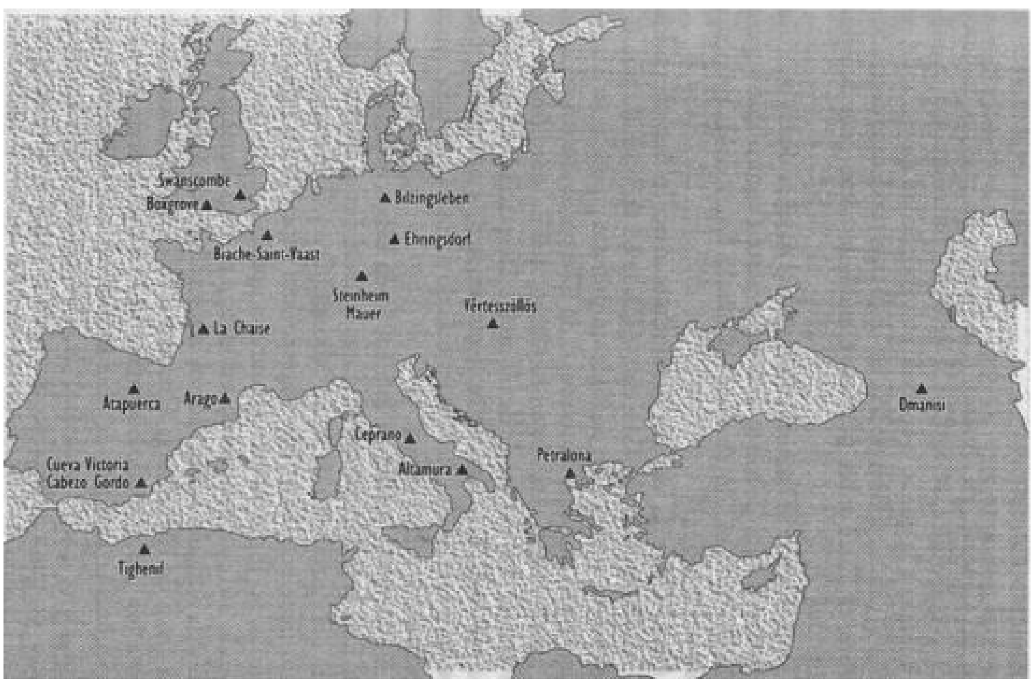
En la Sima de los Huesos se dispone de una amplia muestra de individuos de una única población biológica. Por otro lado, nuestro planteamiento obvia el problema metodológico, porque lo que se estudia es la variación de la muestra sin asignar *a priori* sexo a los fósiles; se parte de la base de que cuanto mayor sea la diferencia entre los sexos en la población, mayor será la variación encontrada en la muestra.

Además de medidas de los huesos del esqueleto postcraneal, que reflejan diferencias en peso corporal, también se analizó la variación en tamaños encefálicos. En la Sima de los Huesos hay tres cráneos cuyas capacidades craneales se conocen. Uno es el Cráneo 5, cuyo volumen cerebral es de 1125 cc, otro es el

Cráneo 4, una calvaria completa de 1390 cc de capacidad craneal. El tercero es el Cráneo 6, bastante completo y que corresponde a un adolescente de unos catorce años, con una capacidad craneal de unos 1.22O cc.

El resultado obtenido es que el dimorfismo sexual en volumen corporal y cerebral en la población representada en la Sima de los Huesos (de hace unos 300.000 años) no era superior al nuestro.

Como la Sima de los Huesos no es un lugar que los humanos habitaran, no tenemos aquí información sobre su conducta. Sin embargo, en uno de los yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril de la misma Sierra de Atapuerca, conocido como la Galería, se han excavado trece niveles arqueológicos que nos hablan de las actividades y tecnología humanas en la misma época de la Sima de los Huesos y un poco después. En la misma Galería se han encontrado también dos fósiles humanos: un fragmento de mandíbula y otro de cráneo.



MAPA 5. Situación de los principales yacimientos europeos del Pleistoceno Inferior y Medio.

Capítulo 13
Los neandertales

¿La Flor Roja? —dijo Mowgli—. Es la que a la hora del crepúsculo crece fuera de las chozas. Yo la cogeré.

RUDYARD KIPLING, *El libro de las tierras vírgenes*.

Contenido:

1. Tal como eran

El hallazgo del cráneo de un niño neandertal de dos o tres años en Engis (Bélgica) en 1830 debió haber marcado el inicio de la paleoantropología, pero, al igual que sucedió más tarde con el cráneo neandertal excavado en 1848 en la cantera Forbes de Gibraltar, su verdadera importancia en la evolución humana no fue reconocida entonces. Mucho más famoso y a la vez polémico se hizo el hallazgo en 1856 de un esqueleto, que da nombre a todo el grupo, en la gruta Feldhofer, cerca de Düsseldorf, en el Valle de Neander (*Neander Thal* en la ortografía alemana antigua, *Neander Tal* en la moderna).

Charles Darwin publicó en 1859 su libro *El origen de las especies*, abriendo tímidamente la puerta a la búsqueda de antecedentes fósiles de nuestra especie; algunos años después, en 1871, Darwin abrió esa puerta de par en par con su obra *El origen del hombre y la selección en relación al sexo*. Sin embargo, los neandertales no vieron definitivamente reconocido su estatus de miembros de una forma humana extinguida diferente de la nuestra hasta que el hallazgo de más fósiles, en particular los de Spy (Bélgica) en 1886, hizo imposible seguir considerándolos por más tiempo como casos atípicos o patológicos de humanos modernos.

Muchos más homínidos fósiles, algunos de ellos de una antigüedad incomparablemente mayor, se descubrieron después, pero el lugar que los neandertales ocupaban en la imaginación popular no les ha sido arrebatado y continúan siendo los fósiles humanos por excelencia. Sin embargo, los neandertales no eran los seres brutales y simiescos, incapaces de caminar erguidos, que gran parte del público supone. Eran fuertes y a la vez hábiles recolectores de productos vegetales, cazadores y carroñeros. Disponían de una amplia variedad de útiles de piedra muy refinados. Usaban el fuego sistemáticamente, cuidaban de sus ancianos e impedidos, y enterraban a sus muertos.

Los conocemos bien, casi como si aún estuvieran vivos, porque de hecho los neandertales representan el tipo humano fósil mejor estudiado y del que se dispone de más restos. Los neandertales no eran muy altos, con un promedio de estatura masculino en torno a 170 cm y un promedio femenino alrededor de 160 cm. Sin embargo, su complexión física era extraordinariamente robusta. Christopher Ruff, Erik Trinkaus y Trenton Holliday han estudiado el peso corporal de los humanos de los últimos 2 m.a., llegando a la conclusión de que los neandertales han sido los seres humanos con mayor masa muscular, es decir, los más fuertes (aunque los estudios preliminares, aún sin publicar, indican que los humanos de la Sima de los Huesos todavía eran más fuertes). En promedio (incluyendo ambos sexos) los neandertales pesaban 70 kg, mientras que la media de nuestra especie (considerando las diversas poblaciones vivientes y los dos sexos) se sitúa en torno a os 58 kg (un 24% menos).

Un buen ejemplo de la fortaleza de los neandertales lo puede dar el fósil La Ferrassie 1 (Francia), probablemente masculino, al que con una estatura de 171 cm se le calcula un peso de 85 kg. Más aún, John Kappelman opina, a nuestro juicio con toda razón, que las estimaciones del peso de los neandertales de Ruff y sus colegas se quedan cortas, porque utilizan fórmulas basadas en la relación entre el peso corporal y el tamaño de los huesos en sujetos actuales normales. Sin embargo, por el desarrollo de las inserciones de los músculos en los huesos puede deducirse que la musculatura estaba mucho más desarrollada entre los neandertales que en personas actuales normales; tal vez habría sido mejor utilizar atletas de elite de deportes tales como el levantamiento de peso, o el lanzamiento

de jabalina o disco. En consecuencia, es muy creíble que el peso de La Ferrassie 1 alcanzase los 90 kg de puro músculo, pese a sus sólo 171 cm de estatura (figura 13.1).



FIGURA13.1. Aspecto de un neandertal con una lanza de madera como las halladas en Schöningen.

En el yacimiento alemán de Schöningen se han preservado de forma casi milagrosa varias lanzas de madera de hace unos 400.000 años en la turba de un antiguo pantano donde los humanos cazaban caballos; la más larga mide más de 2 m y estaba, según Hartmut Thieme, su descubridor, diseñada para ser arrojada. Basta imaginarse a un grupo de musculosos cazadores neandertales con lanzas como ésas para comprender que no se trataba precisamente de indefensas criaturas.

Muchos autores piensan que esta constitución maciza responde a una ley bien conocida en biogeografía, denominada regla de Bergmann, que establece que las poblaciones de una especie de sangre caliente que habitan en regiones frías tienden a tener el cuerpo más voluminoso que las que viven en tierras cálidas. De este modo los individuos se aproximan a la forma de la esfera, que es la que presenta la menor superficie por unidad de volumen (el buey almizclero refleja a la perfección el modelo de animal de ambiente polar). Esta reducción relativa de la superficie minimiza la pérdida de calor del cuerpo por radiación.

Por otro lado, en las extremidades de los neandertales los antebrazos y la parte inferior de las piernas, por debajo de las rodillas, eran relativamente más cortos. En cambio, las poblaciones que viven en regiones cálidas siguen la regla de Alien, y sus

largos y delgados brazos y piernas hacen máxima la relación superficie/volumen (el dromedario es un buen ejemplo de este biotipo).

Dentro de nuestra especie también se cumplen estas leyes, como se puede constatar fácilmente al comparar un esquimal del Círculo Polar Ártico con un tutsi o un tuareg, que viven en las regiones africanas más cálidas. De hecho, las proporciones del Niño del Turkana (como se recordará, un *Homo ergaster* de hace 1,5 m.a.) serían, a decir de sus descubridores, similares a las de las poblaciones humanas que ahora viven en la zona (figura 7.4). Los primeros pobladores de Eurasia, venidos de África, también debieron de ser altos y esbeltos (una hipótesis que el futuro hallazgo de nuevos fósiles en la Gran Dolina permitirá confirmar), y cientos de miles de años después los neandertales reflejaban en su físico una adaptación a los rigores del clima frío, que en las épocas glaciales se adueñaba de gran parte del continente europeo.

Una característica notable de los neandertales es un hueso púbico (en concreto su rama horizontal) muy alargado y aplanado. El alargamiento púbico probablemente no es un rasgo exclusivo de los neandertales, ya que en los australopitecos también se da, como vimos. Cuando no se disponía de caderas completas de neandertales, sino sólo de fragmentos de pubis y otras partes rotas, algunos autores pensaban que, en relación con la extraordinaria longitud del pubis, el canal del parto sería también muy grande; incluso hubo quien llegó a opinar que el embarazo se prolongaría algún mes más que en nuestra especie, de forma que los bebés neandertales vendrían al mundo más desarrollados. Sin embargo, el hallazgo de una pelvis muy completa de un neandertal en el yacimiento de Kebara (Israel) mostró que, aunque la estructura de la cadera era diferente de la nuestra, el canal del parto no era sustancialmente mayor; quizá sólo un poco, pero como también lo era el cerebro del adulto, el estado de desarrollo del recién nacido sería comparable al de nuestros niños. Para conocer nuevos datos sobre esta cuestión habrá que esperar a que se publiquen los resultados de las investigaciones en curso sobre la pelvis completa descubierta recientemente en el yacimiento de la Sima de los Huesos en la Sierra de Atapuerca.

Es posible que al lector le haya sorprendido descubrir en el párrafo anterior que los

neandertales no tenían un cerebro menor que el nuestro, sino más voluminoso; su promedio era de unos 1500 cc, mientras que en la actualidad la media calculada entre todas las poblaciones rondará los 1350 cc. Ahora bien, como debido a su gran masa muscular el peso corporal era superior en los neandertales, es probable que el índice de encefalización (que es lo único que tenemos en paleontología para expresar, métricamente, algo parecido a la inteligencia) fuera ligeramente inferior. En todo caso, los neandertales y nosotros somos las dos formas humanas más encefalizadas de la historia. Sin embargo, esta expansión cerebral se produjo de forma independiente en los dos casos. Mientras el neurocráneo moderno es alto y de frente levantada, el cráneo cerebral de los neandertales se hizo muy alargado de delante hacia atrás (figura 13.2). En relación con este alargamiento anteroposterior de la caja craneal, se produjo un estiramiento hacia atrás del occipital, formándose el característico abultamiento que se conoce como el «moño occipital» de los cráneos neandertales, muy apreciable cuando se observan en vista lateral. El paleoantropólogo Giorgio Manzi ha mostrado cómo el aumento del cerebro en los neandertales no supone un cambio sustancial de la estructura arcaica del cráneo, que continúa siendo bajo y de frente aplanada, y simplemente se ha modificado para contener un cerebro a veces enorme. Manzi suele decir que en los neandertales la expansión cerebral provocó un conflicto similar al que se produciría si a un turismo pequeño hubiera que adaptarle el motor de un Fórmula 1.

En vista posterior se ha producido una modificación importante en el perfil del neurocráneo de los neandertales. En el *Homo ergaster* y el *Homo erectus*, la anchura máxima se situaba en la base del cráneo y los lados convergían hacia el techo de la bóveda, como en una casa de paredes inclinadas hacia dentro. En los neandertales y en nuestra especie, la máxima anchura del neurocráneo se encuentra a media altura, sobre los huesos parietales; la anchura de la base es menor. Sin embargo, mientras que nuestro cráneo visto por detrás tiene un perfil de casa con paredes que se van separando desde la base hacia el tejado (es decir, inclinadas hacia fuera), el perfil de los neandertales es redondeado.

Los neandertales presentan otros rasgos exclusivos en el neurocráneo, algunos de ellos poco espectaculares pero de gran utilidad para rastrear los orígenes de estos humanos. Por ejemplo, sobre un toro occipital poco desarrollado y hundido en su

parte central se encuentra en los neandertales una depresión llamada técnicamente *fosa suprainíaca*. Por citar sólo otro carácter, en los neandertales la apófisis mastoidea (saliente óseo del hueso temporal donde se origina una parte del músculo esternocleidomastoideo) apenas sobresale de la base del cráneo (figura 13.2).

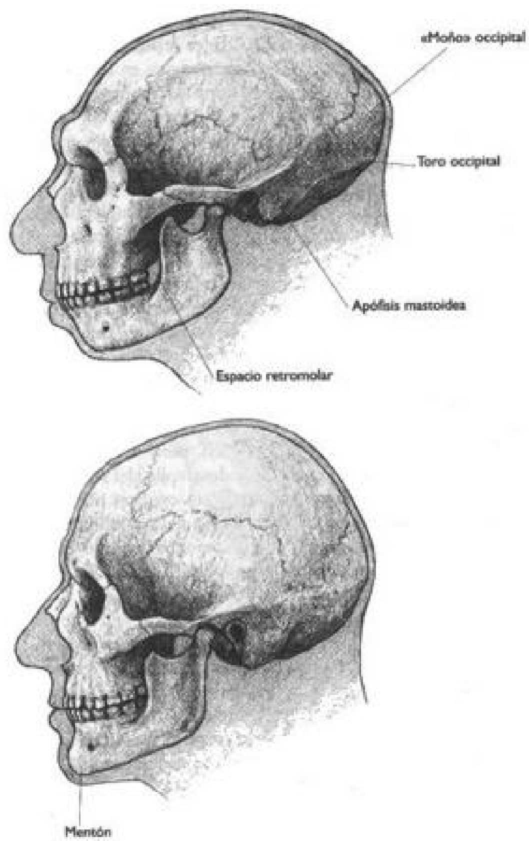


FIGURA 13.2. Cráneo de neandertal (arriba) y de humano actual (abajo).

Los neandertales presentan un toro supraorbitario fácil de reconocer: está regularmente curvado sobre las órbitas como un arco de circunferencia, tiene una sección redondeada y se continúa en el espacio entre las órbitas. Además, en general está ahuecado por completo por unos senos frontales muy desarrollados.

Finalmente la cara neandertal es única entre los homínidos (figura 13.3). En el resto de los fósiles, y entre nosotros, los huesos que se encuentran bajo las órbitas y a los lados de la abertura nasal (el hueso maxilar y el hueso malar) forman una superficie ósea que mira hacia delante. Ya hemos visto cómo en nuestra especie

esta superficie está excavada en su parte inferior, haciendo sobresalir por encima el saliente de los pómulos. En cambio, en los neandertales la superficie en cuestión se dispone diagonalmente, con lo que su cara presenta una apariencia de cuña. Es como si la abertura nasal hubiera avanzado hacia delante, estirando los lados de la cara en su movimiento (esta morfología típica de la cara de los neandertales se conoce técnicamente como prognatismo medio-facial). En la parte más anterior de esa cara apuntada hay una abertura nasal muy ancha.

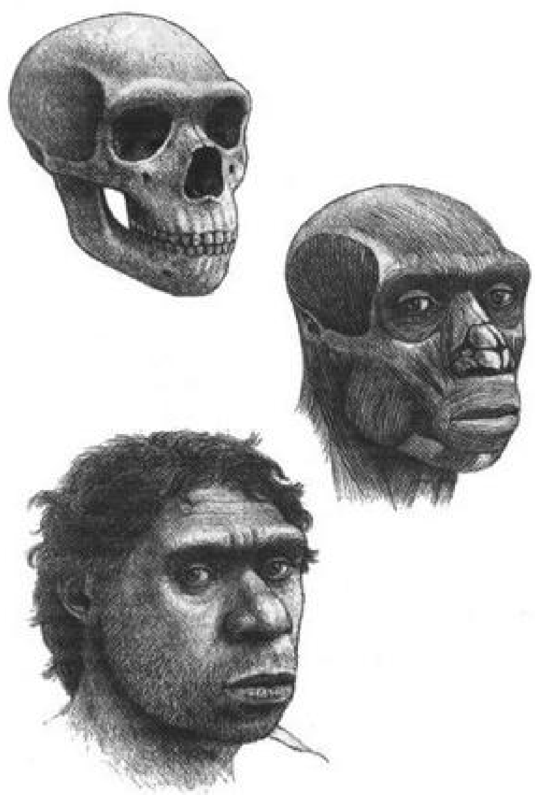


FIGURA 13.3. Reconstrucción de la cabeza de un neandertal.

Se forma así en los neandertales una gran cavidad nasal (cuyo techo son unos huesos nasales casi horizontales como consecuencia del avance de la abertura nasal), que algunos autores han interpretado como una adaptación a un clima glacial, frío y seco. En esa cámara se calentaría y humedecería el aire antes de pasar a los pulmones. Por otro lado, unos muy desarrollados senos frontales (sobre la cavidad nasal y por encima de las órbitas) y senos maxilares (a los lados de la

cavidad nasal) contribuirían a formar una cámara de aire que aislaría el cerebro, un órgano muy sensible a los cambios de temperatura. Una cara inflada, como una gran máscara hueca, se interpondría así entre el cerebro y el frío exterior.

Hay autores, sin embargo, que interpretan la morfología facial de los neandertales de otra manera, en términos biomecánicos (aunque, en realidad, ambas explicaciones son compatibles).

Los dientes anteriores de los neandertales muestran un desgaste muy rápido que indica un uso intensivo, como si la boca fuera a menudo utilizada como una «tercera mano» para sujetar objetos y tirar de ellos. La forma apuntada de la cara, se dice, serviría para desviar hacia los lados los esfuerzos generados en el hueso por esa actividad.

Otra característica casi exclusiva de los neandertales es que en la mandíbula la dentición está adelantada con relación al hueso, de manera que literalmente cabría un cuarto molar. Este espacio vacío, llamado espacio retromolar, hace que, cuando se ve de lado, la mandíbula neandertal muestre un hueco entre la última muela y el borde anterior de la rama vertical de la mandíbula (la que asciende hacia la articulación con la base del cráneo).

En el neandertal vivo, esta cara destacaría por unas narices muy anchas y prominentes, ausencia de pómulos, una frente inclinada, cejas dispuestas sobre unos relieves marcados y una mandíbula sin barbilla (figura 13.3); un mentón bien desarrollado es una característica exclusivamente nuestra (figura 13.2).

Finalmente, los huesos de los neandertales eran gruesos, aunque ésta es una característica que se encuentra en todos los humanos desde el *Homo ergaster*, salvo en nuestra especie, donde se ha producido un notable adelgazamiento de las paredes óseas. Pero mientras que en el *Homo erectus* eran los huesos de la cabeza los más engrosados, entre los neandertales lo son los del cuerpo; los canales medulares, las cavidades que se encuentran en el interior de huesos largos como el fémur, el húmero o la tibia, aparecen muy estrechados como consecuencia del engrosamiento del hueso que forma sus paredes. No se conoce en realidad la razón para tanta producción de hueso, pero es seguro que los neandertales necesitarían mucho calcio. Éste no se encuentra en la carne; de hecho, un exceso de proteínas animales provoca acidificación de la sangre, que es neutralizada por la liberación del

calcio del esqueleto, que se desmineraliza (en los carnívoros los huesos tienen paredes delgadas, mientras que en los herbívoros son más gruesas). Una fuente de calcio es la leche y sus derivados, que seguro que los neandertales adultos no probaban. No les quedaban, por tanto, sino los vegetales como fuente de calcio y sin duda los neandertales tuvieron que consumirlos en gran abundancia.

2. Vida y muerte entre los neandertales

La industria de los neandertales se llama Musteriense, y se encuadra dentro del Modo 3 o Paleolítico Medio (figura 13.4). Este modo técnico se caracteriza porque mediante la talla se preparan los núcleos dándoles una forma determinada (similar al caparazón de una tortuga), para luego extraer a partir de ellos las lascas, que más tarde serán retocadas para proporcionarles el acabado final. Esta cadena operativa se conoce como técnica Levallois y de cada núcleo se obtienen varios instrumentos, aprovechando de este modo mejor la materia prima y el esfuerzo.

Además, está claro que supone una notable capacidad de abstracción, porque no se trabaja la piedra para producir directamente el instrumento, sino que se añade un paso intermedio (el núcleo Levallois).

El Musteriense se extendió por Europa, Oriente Próximo y norte de África, es decir, en un área circunmediterránea, mientras que otras industrias del Modo 3 o Paleolítico Medio se encuentran en el resto de África (donde son agrupadas bajo el término de «Middle Stone Age»). Los orígenes del Modo 3 se sitúan entre hace 300.000 y 200.000 años según regiones, al parecer primero en el África subsahariana y luego en Europa. Una vez más nos tropezamos con el problema de cómo llegó la técnica a Europa. ¿La trajeron gentes venidas de África? Y en este caso, ¿cuál fue su relación con las poblaciones autóctonas, los fabricantes de la industria Achelense (Modo 2.)? ¿O bien sólo se transmitió la nueva técnica, sin movimiento de población? Trataremos de nuevo este problema más adelante.

Dos aspectos del comportamiento de los neandertales que nos llaman poderosamente la atención, porque los aproximan mucho a nosotros, son el *uso del fuego* y la práctica del *enterramiento* de sus muertos. Existen animales que, aunque de modo muy simple, seleccionan e incluso modifican objetos naturales para utilizarlos como instrumentos.

Sin embargo, ninguna especie animal, fuera de la nuestra, conoce la tecnología del fuego, ni entierra a sus muertos, ni realiza ceremonia alguna con ellos. La práctica del enterramiento es pues un rasgo que nos «humaniza».

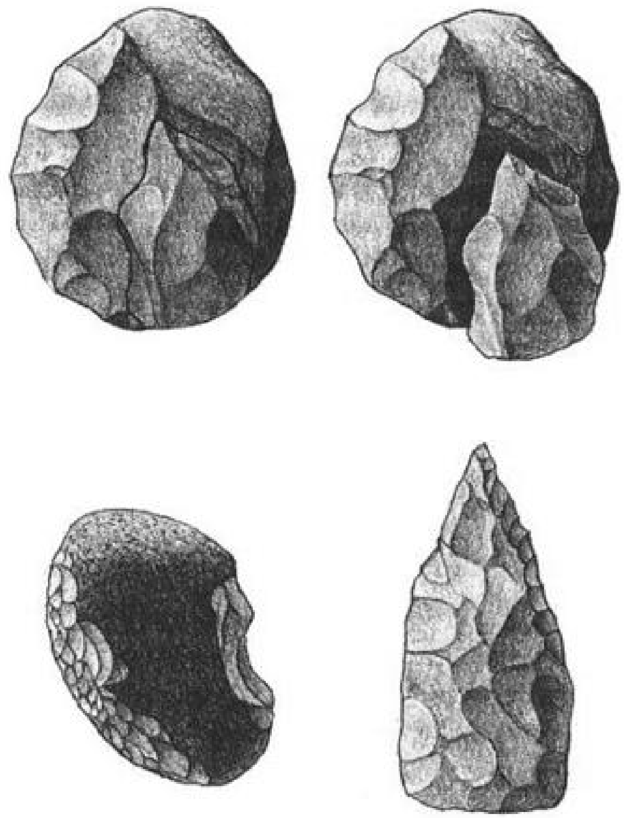


FIGURA 13.4. Algunos útiles representativos del Modo 3. *Arriba,* núcleo Levallois y punta extraída del núcleo. *Abajo,* izquierda, raedera con retoque tipo Quina. Abajo a la derecha, punta bifacial («Middle Stone Age»).

Por otro lado, es difícil imaginar la vida humana en plena naturaleza sin disponer del recurso del fuego. En realidad lo que nos sorprende es que hubiera humanos que no contaran con él, al menos en Europa y parte de Asia (es decir, en regiones muy alejadas del Ecuador). En muchos sentidos el fuego nos hace humanos y su ausencia nos sitúa en el mismo plano que los animales.

No se sabe a ciencia cierta cuándo apareció entre los humanos la capacidad para producir y controlar el fuego. Es posible, aunque no seguro, que se utilizara en el Pleistoceno Medio en lugares como Zhoukoudian en China, Terra Amata en Francia,

Vértesszöllös en Hungría, La Cotte de St. Brelade (Isla de Jersey) en Gran Bretaña y Bilzingsleben en Alemania, todos ellos yacimientos con 200.000 o más años de antigüedad. Sin embargo, la generalización y uso sistemático de la tecnología del fuego, con todo lo que supone de protección, calor, luz, etcétera, se produce hace algo menos de 200.000 años, encontrándose desde entonces hogares bien estructurados en los yacimientos, que no dejan lugar a dudas de que el fuego ha sido domesticado.

En ese momento los humanos que viven en Europa, los autores de los fuegos, son los neandertales, que ya son dueños de la «Flor Roja».

Que los neandertales enterraban a los muertos ha parecido siempre evidente y muchos de los esqueletos neandertales excavados en yacimientos en cuevas han sido históricamente considerados el resultado de esta práctica funeraria (por ejemplo, en el yacimiento francés de La Ferrassie fueron sepultados ocho neandertales). Más dudoso es que los enterramientos se acompañasen de un ritual, es decir de una ceremonia con un significado simbólico, aunque en algunos casos se ha creído ver pruebas de ello. Por ejemplo, en la tierra que cubría el esqueleto de uno de los neandertales de Shanidar (Irak) se identificaron granos de polen procedentes de flores que supuestamente habrían sido depositadas sobre el cuerpo; rodeando el esqueleto del niño de nueve años de la cueva de Teshik Tash (Uzbekistán) se habrían dispuesto varios pares de cuernos de cabra montés clavados en el suelo; sobre el esqueleto del niño de dos años de Dederiyeh (Siria) se halló un útil triangular de sílex a la altura del corazón y junto a la cabeza una losa de caliza; una mandíbula de ciervo se encontraba sobre la cadera de un niño de diez meses en Amud (Israel); el adolescente de Le Moustier (Francia) habría sido espolvoreado con ocre y enterrado en una postura flexionada y con ofrendas.

Sin embargo, en su libro *En busca de los neandertales* el paleoantropólogo Christopher Stringer y el arqueólogo Clive Gamble ponen, con toda razón, en tela de juicio estas pruebas de ritual, que desde luego admiten otras interpretaciones más prosaicas. Una asociación casual, pero que produzca la apariencia de ser intencionada, de huesos humanos con restos de animales o útiles, es siempre posible en un yacimiento donde hay abundancia de animales e instrumentos de piedra (y el polen lo lleva el viento); además, algunas de las excavaciones, como la

de Le Moustier, son antiguas y hay razones para desconfiar del rigor con el que fueron realizadas (todas las generaciones de científicos critican la metodología de trabajo de las anteriores, aunque no siempre con justicia). Los dos citados autores llegan en su escepticismo incluso a dudar de que los neandertales enterrasen a sus muertos.

Nosotros pensamos que sí lo hacían, porque los esqueletos de neandertales que aparecen en las cuevas no pueden deberse todos a causas naturales. Además, hay constancia de que los humanos de Atapuerca realizaron ya hace 300.000 años una práctica funeraria (aunque no exactamente un enterramiento) al acumular los cadáveres de sus muertos en la Sima de los Huesos.

Es cierto que el caso de la Sima es único, pero también es posible que enterramientos u otras prácticas funerarias se practicaran en la misma época en el exterior de las cuevas, con lo que podríamos no tener registro fósil ni noticia de ellas.

3. Origen y final de los neandertales

Los neandertales como tales, es decir, con todas o la mayoría de sus características, existían en Europa hace unos 230.000 años. Los fósiles de Ehringsdorf, Biache-Saint-Vaast, La Chaise-Abri Suard y otros de finales del Pleistoceno Medio ya pueden considerarse neandertales. Para entender la posición evolutiva del grupo de fósiles del Pleistoceno Medio de edad intermedia (entre 415.000 y 245.000 años), como Steinheim, Swanscombe, Reilingen, Vértesszöllös, Petralona y la Sima de los Huesos, la clave está en la amplia muestra del yacimiento burgalés. Aunque de morfología primitiva en general, en los fósiles de la Sima de los Huesos pueden advertirse incipientes rasgos neandertales en el hueso occipital y en la cara, y otros más claramente neandertales en la mandíbula, por ejemplo la presencia de un espacio retromolar (figura 12.2). En el esqueleto postcraneal hay también rasgos en común con los neandertales, como la morfología del pubis y del húmero, entre otros. Pero hay tan pocos restos de estos huesos del cuerpo en el registro fósil fuera de la Sima de los Huesos que hoy por hoy es difícil saber cuándo aparecieron tales rasgos en la evolución humana (es posible que incluso antes del poblamiento de Europa).

El cráneo de Steinheim, aunque incompleto y muy deformado, posiblemente era similar a los de la Sima de los Huesos. Fósiles más fragmentarios, como Swanscombe, muestran una morfología occipital más típicamente neandertal (con un toro deprimido en su porción central y una amplia fosa suprainíaca); el cráneo de Petralona presenta una cara más neandertal que las de la Sima de los Huesos, pero su occipital lo es menos. En su conjunto, este grupo de fósiles nos hablan de que los neandertales evolucionaron en Europa durante cientos de miles de años en condiciones de aislamiento geográfico y genético. En este sentido, los neandertales son los auténticos europeos, una especie humana autóctona, local, lo que en biología se denomina un *endemismo*.

Los neandertales hunden profundamente sus raíces en el tiempo, pero ¿hasta dónde llegan? Algunos autores, como el ya citado Christopher Stringer, agrupan la mandíbula de Mauer con los fósiles más modernos de Arago, Bilzingsleben y Petralona, para formar con todos ellos una especie llamada *Homo heidelbergensis*, que tiene a la mandíbula de Mauer como ejemplar tipo.

A los fósiles europeos de esta especie se añadirían ejemplares africanos con una antigüedad entre 600.000 y 250.000 años, como los cráneos de Bodo (Etiopía), Ndutu y Eyasi (Tanzania), Salé (Marruecos), Elandsfontein (Sudáfrica) y Broken Hill (Zambia).

La especie *Homo heidelbergensis* también estaría representada en Asia por el cráneo de Dali y el esqueleto de Jinniushan, ambos provenientes de China y con una edad entre 200.000 y 300.000 años. Es importante datar con precisión estos fósiles porque podrían ser contemporáneos de los últimos fósiles de *Homo erectus* en China: el Cráneo 5 de Zhoukoudian y una calvaria incompleta de la cueva de Hexian.

El lugar en la evolución humana del *Homo heidelbergensis* sería el del último antepasado común de neandertales y humanos modernos (figura 13.5). La capacidad craneal de la especie variaría entre 1000 y 1400 cc, de modo que el valor inferior del rango se aproximaría a la media del *Homo erectus*, y el superior al promedio de los neandertales y humanos modernos.

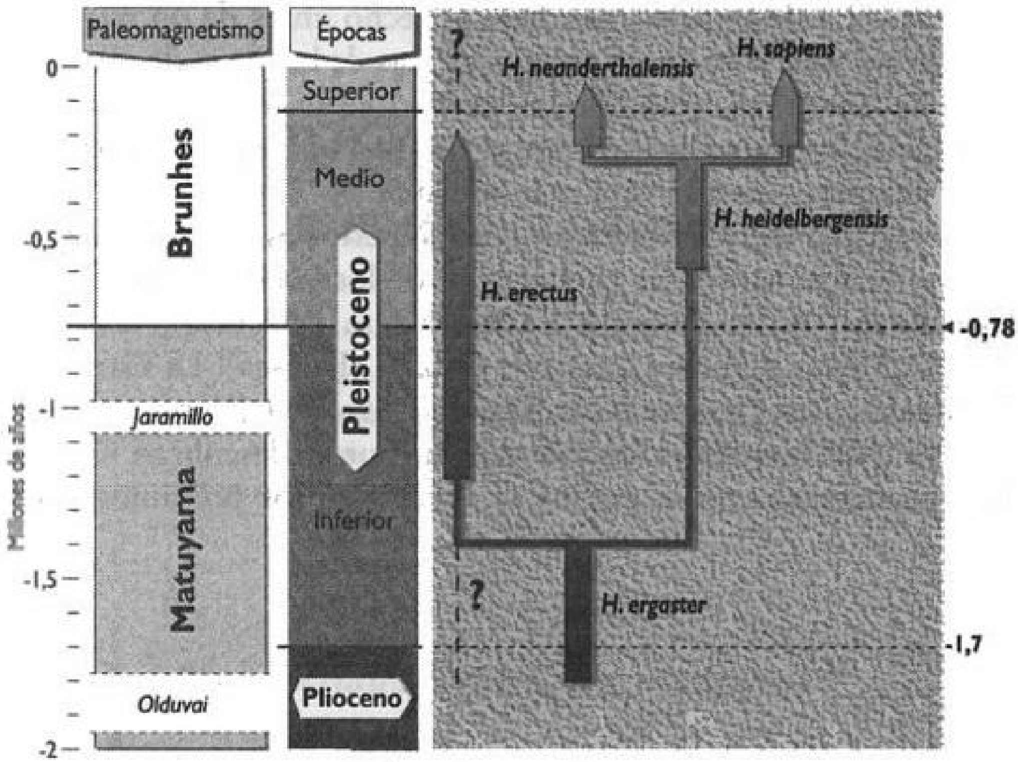


FIGURA 13.5. Esquema evolutivo alternativo al de los autores, en el que el Homo hei delbergensi s aparece como antepasado común de neandertales y humanos modernos.

En un artículo reciente Robert Foley y Marta Lahr elaboran un modelo evolutivo que denominan hipótesis del Modo 3. Para ellos, la inventora del Modo 3, hace entre 300.000 y 250.000 años, fue una especie evolucionada en África a partir del *Homo heidelbergensis*. Esta nueva especie (a la que no pondremos un nombre latino para no aumentar aún más la confusión terminológica) habría experimentado una expansión cerebral y sería más inteligente que las anteriores. Su tecnología avanzada (el Modo 3) así lo demostraría. Algunos miembros de la Especie del Modo 3 pasarían a Europa hace unos 250.000 años, reemplazarían con el tiempo a la población europea del *Homo heidelbergensis* y evolucionarían hacia los neandertales. En África la Especie del Modo 3 habría evolucionado para dar lugar a nuestra especie, *Homo sapiens*.

Sin embargo, nosotros opinamos que todos estos autores se equivocan. Nuestro análisis de los rasgos morfológicos nos lleva a la conclusión de que las poblaciones

europeas como la de Mauer, de hace 500.000 años, estaban ya en la línea evolutiva de los neandertales. Las reglas que se utilizan para crear especies establecen que el nombre de una especie vaya ligado al de su ejemplar tipo; como en el caso del *Homo heidelbergensis* es la mandíbula de Mauer, esta especie sería en realidad exclusivamente europea y antecesora de los neandertales. El lugar del último antepasado común de neandertales y humanos modernos corresponde a la especie *Homo antecessor*, creada a partir de los fósiles de la Gran Dolina, con más de 780.000 años de antigüedad (figura 12.1). Como veremos en su momento, hay datos procedentes de la biología molecular que refuerzan nuestra posición.

La especie *Homo heidelbergensis*, tal como la concebimos nosotros, abarcaría desde la mandíbula de Mauer hasta los fósiles de la Sima de los Huesos y todos aquellos en los que predominan rasgos primitivos, aunque muestren algunos caracteres incipientes que indican que son los antepasados de los neandertales. En cambio, los fósiles de la última parte del Pleistoceno Medio (desde hace unos 230.000 años) ya pueden ser considerados a todos los efectos verdaderos y completos neandertales.

De comienzos del Pleistoceno Superior (hace alrededor de 127.000 años) son los dos cráneos de Saccopastore (en las afueras de Roma) y el conjunto de fósiles de Krapina en Croacia (para estos últimos hay dataciones radiométricas fiables, pero en el caso de Saccopastore la seguridad es menor).

A partir de ese momento los neandertales empiezan a ser abundantes en los yacimientos europeos (por supuesto dentro de la precariedad general del registro fósil), y se encuentran también en Asia central y Oriente Próximo, lugares adonde emigraron desde Europa. Fósiles tan emblemáticos como los de Le Moustier, que da nombre al Musteriense, Guattari 1 (Monte Circeo) o La Chapelle-aux-Saints vivieron en Europa hace menos de 60.000 años. Estos neandertales tienen algunas características nuevas con respecto a los anteriores, y son llamados a menudo «neandertales clásicos». La descripción que hemos hecho antes de un neandertal corresponde sobre todo a estas formas de la época de plenitud. Todavía quedaban neandertales en Europa hace 30.000 años, y tal vez incluso algo menos, antes de que su rastro desaparezca para siempre, como se verá más adelante.

El registro ibérico del Pleistoceno Superior es rico en neandertales e incluye los fósiles procedentes de los yacimientos de Agut (Barcelona), Axlor (Vizcaya), Cova

Negra (Valencia), Gibraltar (Devil's Tower y Forbes Quarry), Gabasa (Huesca), La Carihuela (Granada), Los Casares (Guadalajara), Mollet 1 (Gerona), y Zafarraya (Málaga). Es razonable esperar que se descubran muchos más neandertales en la península Ibérica en los próximos años.

Capítulo 14
El origen de la humanidad moderna: la evidencia fósil

¿Qué causa, ¡oh mancebos!, os impulsó a tentar estas ignotas regiones? ¿Adónde vais? ¿Qué linaje es el vuestro? ¿De dónde venís? ¿Nos traéis la paz o la guerra?

VIRGILIO, *La Eneida*.

Contenido:

1. Neandertales y humanos modernos

En aquellos yacimientos europeos donde existen secuencias arqueológicas continuas se observa una sustitución brusca de la industria Musteriense (Modo 3) por el Auriñaciense, la primera industria del Paleolítico Superior o Modo 4 (figura 14.1). Técnicamente, el Modo 4 se caracteriza por la preparación de núcleos alargados para la obtención de lascas finas y de bordes paralelos, y al menos dos veces más largas que anchas. Estas hojas eran luego retocadas y transformadas en una gran variedad de útiles, entre los que destacan los *buriles* (instrumentos biselados que se usaban para trabajar el hueso, el asta o el marfil) y los *raspadores distales* (hojas con un extremo retocado que se utilizaban para preparar pieles). Esta técnica permite el máximo aprovechamiento de la materia prima, obteniendo de cada piedra más longitud de filos (sumados los de todos los útiles producidos a partir de ella) que con ningún otro método. El Modo 4 también se diferencia por la utilización del hueso, el marfil y el asta como materias primas para la confección de instrumentos y elementos de adorno personal. Asociadas a las industrias del Modo 4 aparecerá también el arte en forma de figuras transportables de animales y

personas, y de pinturas y grabados rupestres (aunque estas manifestaciones artísticas no acompañan a las primeras industrias del Modo 4 sino que surgen algunos miles de años después).

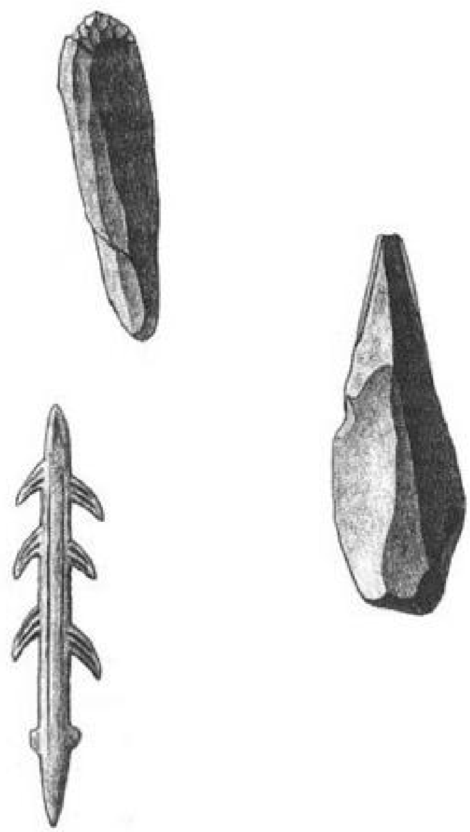


FIGURA 14.1. Útiles representativos del Modo 4. Arriba, raspador distal. Izquierda, azagaya de hueso. Derecha, buril de doble bisel.

Sin embargo, en algunos yacimientos de la cornisa cantábrica y del oeste y centro de Francia hay, intercalados entre los últimos niveles Musterienses y los primeros Auriñacienses, niveles intermedios con una industria que tiene características comunes a ambos modos técnicos (el 3 y el 4). Esta industria se denomina Chatelperroniense; un equivalente del Chatelperroniense en la Europa central podría ser el Szeletiense, y en Italia el Uluzziense. El Chatelperroniense es una evolución del Musteriense que incorpora elementos del Modo 4 como hojas alargadas y utensilios de hueso y marfil.

El Auriñaciense se extiende por Europa en poco tiempo, hace unos 40.000 años o poco más.

Dos ejemplos muy bien estudiados de Musteriense reemplazado abruptamente por el Auriñaciense los tenemos en los yacimientos catalanes de L'Arbreda y en el Abric Romaní, donde la sustitución se sitúa hace unos 40.000 años, según dataciones radiométricas obtenidas por James Bischoff. En la cornisa cantábrica, el Auriñaciense más antiguo ha sido fechado por el mismo geocronólogo en la cueva de El Castillo hace 39.000 años. ¿Quiénes eran los autores de los utensilios Chatelperronienses y de los Auriñacienses?

Los fósiles humanos hallados hasta la fecha en contexto Musteriense (Modo 3) en Europa son siempre neandertales, y los hallados con industrias del Modo 4 son siempre humanos modernos.

Asociados a la industria Chatelperroniense se encuentran los fósiles de la Cueva del Reno en Arcy-sur-Cure (cerca de Auxerre, Francia) consistentes en dientes aislados y fragmentos de huesos, y el esqueleto parcialmente conservado de Saint Césaire (Charente-Maritime, Francia).

En el caso de Saint Césaire no cabe duda de que se trata de un individuo plenamente neandertal que vivió hace unos 36.000 años. El nivel Chatelperroniense asociado a restos humanos de la Cueva del Reno en Arcy-sur-Cure se data en 34.000 años, y contiene instrumentos de hueso y marfil, junto con objetos de adorno personal como dientes de animales perforados o con surcos, y cuentas o colgantes de marfil (elementos ornamentales todos ellos típicamente asociados al Modo 4). La naturaleza de los fósiles humanos de la Cueva del Reno no estaba clara al ser éstos muy incompletos; no obstante, Fred Spoor, Jean-Jacques Hublin y otros colegas han demostrado que la morfología del laberinto óseo (oído interno) de los neandertales era diferente de la nuestra. De este modo un hueso temporal de un individuo de aproximadamente un año de edad ha podido ser identificado como neandertal (por fortuna el laberinto óseo está conformado antes del nacimiento, porque por la morfología externa es imposible establecer si un hueso temporal de un individuo tan joven era o no de un neandertal).

Así pues, en los dos únicos yacimientos en los que hay fósiles humanos con industria Chatelperroniense, los fósiles corresponden a neandertales. Por otro lado, las fechas tan modernas del Chatelperroniense, posteriores al primer Auriñaciense, descartan una posible evolución de los neandertales hacia los humanos modernos en Europa occidental, suponiendo que estos últimos sean los autores de las primeras industrias europeas del Modo 4.

También las pinturas rupestres, las más espectaculares manifestaciones artísticas de la Prehistoria (y tal vez de toda la historia del arte), empiezan pronto: las maravillosas figuras de animales recientemente descubiertas en la Cueva Chauvet (en Ardeche, Francia) se han datado por radiocarbono en unos 30.000 años, y nadie osaría atribuirlas a los neandertales. Otras pinturas rupestres también encontradas hace poco, las de la Gruta Cosquer (Bouches du Rhone, Francia), tienen unos 27.000 años. Las más antiguas estatuillas del Paleolítico Superior, la figura

femenina de piedra de Galgenberg (Austria) o la pequeña escultura de caballo en marfil de Vogelherd (Alemania), tienen quizá 32.000 años.

Sin embargo, es bien cierto que, por desgracia, no se dispone aún de fósiles humanos asociados a las primeras industrias del Auriñaciense en Europa. Los esqueletos modernos del yacimiento de Cro-Magnon (Francia) se asignan al Auriñaciense final, hace entre 30.000-28.000 años. Un fósil interesante a este respecto es el frontal de Hahnöfersand (Alemania) que, aunque carece de contexto, ha sido datado directamente por radiocarbono en 36.000 años. A nuestro entender, debe encuadrarse por la morfología del toro supraorbital entre los hombres modernos; es una lástima que su edad sea tan problemática. En Europa central, la serie esquelética moderna de Mladec (Moravia en Chequia) se data hace unos 32.000-30.000 años y está asociada a la industria Auriñaciense.

En los últimos neandertales (como Saint Césaire) no se aprecia ninguna evolución hacia los humanos modernos; son de hecho neandertales de lo más «clásico». Tampoco los restos de Mladec pueden considerarse formas transicionales, sino humanos completamente modernos, aunque robustos, por lo que un origen europeo de los humanos modernos por evolución a partir de los neandertales locales puede desecharse por completo también desde la perspectiva paleoantropológica. La conclusión es que los humanos modernos en Europa somos unos inmigrantes que vinimos de fuera. El estudio de las proporciones corporales de los primeros humanos modernos del registro europeo nos da una pista acerca de su procedencia; su biotipo longíneo corresponde a pobladores de regiones próximas al Ecuador, menos macizos, más altos y de brazos y piernas más largos que los neandertales.

Contemporáneas o aun posteriores a los esqueletos modernos de Mladec son las últimas industrias Musterienses, que se encuentran en Portugal, España e Italia con una antigüedad al filo de los 30.000 años. Los arqueólogos Gerardo Vega y Valentín Villaverde han señalado la pervivencia de estas industrias Musterienses en la península Ibérica después de que ya hubieran desaparecido en otras regiones de Europa. Confirmando estas observaciones, el arqueólogo Cecilio Barroso y el paleoantropólogo Jean-Jacques Hublin han hallado en el yacimiento de Zafarraya (Málaga) algunos fósiles humanos plenamente neandertales, que incluyen una

mandíbula y un fémur datados en 30.000 años y asociados a una industria Musteriense.

Es por tanto seguro que los últimos neandertales habitaban todavía el sur de Europa cuando los humanos modernos ya pintaban rinocerontes, leones y bisontes en las paredes de la Cueva Chauvet, y 10.000 años más tarde de que los primeros humanos modernos se instalaran en la península Ibérica. No obstante, no debe pensarse que los humanos modernos avanzaron de este a oeste como una apisonadora que extinguía a todos los neandertales a su paso. Durante miles de años unos y otros debieron de repartirse el mapa de Europa formando un mosaico de poblaciones entremezcladas. Como hemos visto, hace unos 40.000 años había ya humanos modernos en Cataluña y Cantabria, y miles de años después aún sobrevivían neandertales bien al norte de los Pirineos. Es posible imaginar que las bolsas de población neandertal irían poco a poco reduciéndose hasta desaparecer la última de ellas.

Esta larga coexistencia de neandertales y humanos modernos (popularmente llamados hombres de Cro-Magnon) es uno de los capítulos de la Prehistoria que más excitan la imaginación del público, y ha dado pie a relatos como *La Guerre du Feu* (1911) de H. Rosny-Ainé, llevada al cine por Jean-Jacques Arnaud en 1981 (y titulada en castellano *En busca del fuego*), o la saga del *Clan del oso cavernario* de Jean Auel. Un episodio especialmente intrigante de esta coexistencia entre neandertales y humanos modernos es el origen de la tecnología Chatelperroniense y otras similares. ¿Habrían desarrollado los neandertales por su cuenta el uso del hueso, el asta y el marfil para fabricar instrumentos y adornos, así como la producción de largas y finas láminas de piedra? ¿Lo hicieron en varios lugares de Europa independientemente? ¿O lo copiaron de los humanos modernos, observándolos trabajar, o fijándose en los objetos abandonados? ¿Tal vez algunos de los elementos encontrados en la Cueva del Reno de Arcy-sur-Cure, como los colgantes de marfil, procedían de un intercambio entre unos y otros tipos humanos? No tenemos todavía solución para estos enigmas.

2. Dos especies humanas inteligentes

Desde el punto de vista del paleontólogo los neandertales son una especie (*Homo*

neanderthalensis) diferente de la humanidad actual (*Homo sapiens*). Eso quiere decir que los neandertales son el resultado de un largo proceso de evolución independiente de la nuestra a partir de un antepasado común. Como resultado de esa evolución separada y divergente, neandertales y humanos modernos somos diferentes en un grado mucho mayor que las diversas poblaciones actuales entre sí (esquimales, aborígenes australianos, bantúes y vascos, por ejemplo).

Para definir una especie viviente nueva se suele invocar el criterio genético: los miembros de la nueva especie no pueden cruzarse con los de cualquier otra especie y tener descendientes fértiles, que puedan a su vez reproducirse con individuos de la población del padre o de la madre, o entre sí; es decir, la nueva especie tiene que estar aislada genéticamente de las demás. En el caso de los neandertales no conocemos fósiles de híbridos entre ellos y nuestros antepasados; por otro lado, los europeos actuales no portamos genes heredados de los neandertales. Ahora bien, el que hubiera poco intercambio de genes no quiere decir que fuera imposible, y ésta es la condición que impone el criterio genético de especie.

En paleontología tiene más sentido el concepto evolutivo de especie de George Gaylord Simpson (1902-1984): una especie es un continuo de poblaciones que se suceden en el tiempo y siguen una trayectoria evolutiva propia, independiente de las demás y que se prolonga en el tiempo; lo que cuenta es que haya continuidad genética entre generaciones, y que el aislamiento se mantenga. De acuerdo con este criterio, los neandertales serían una «especie evolutiva». Algo parecido ha sucedido entre las dos especies de chimpancés, que están separadas por el río Zaire; los chimpancés comunes viven al norte y los chimpancés pigmeos o bonobos al sur. También las diferentes especies de gibones se han formado por separación geográfica.

Sin embargo, de acuerdo con el criterio de Simpson, la especie *Homo heidelbergensis*, tal como la entendemos nosotros, no existiría, puesto que fósiles como los de la Sima de los Huesos son los antepasados de los neandertales y, por tanto, pertenecen a la misma «especie evolutiva»; sólo son unos neandertales muy primitivos. Reconociendo la validez de este razonamiento, pensamos que, dado que hay mucha diferencia morfológica entre unos y otros fósiles, puede

mantenerse la especie *Homo heidelbergensis* por razones prácticas, como normalmente se hace en paleontología (y sobre todo atendiendo al sentido común, que dicta llamar de forma diferente a las cosas que son distintas).

Por otro lado, si no fuera porque los neandertales eran humanos, nadie discutiría que merecen una especie propia. Sin embargo, a muchos investigadores se les hace difícil aceptar que unos seres humanos que enterraban a sus muertos y utilizaban el fuego fueran de otra especie. Más aún, los neandertales europeos llegaron a fabricar unos instrumentos similares a los de los humanos modernos (el Chatelperroniense). Por último, veremos a continuación que la industria de los primeros humanos modernos (en el Oriente Próximo) era la misma que la propia de los neandertales (el Musteriense).

Ahora bien, todas esas coincidencias sólo significan que los neandertales eran inteligentes.

Que nosotros seamos la única especie humana inteligente que existe en el momento presente no quiere decir que haya tenido que ser siempre así. También somos ahora la única especie bípeda de primate, y ya hemos visto que en el pasado ha habido varias especies de homínidos bípedos al mismo tiempo. Los neandertales eran otra especie humana inteligente, entre otras razones porque los antepasados comunes de neandertales y humanos modernos (*Homo antecessor*) también eran inteligentes. Nada se oponía a que las diferentes especies humanas inteligentes intercambiaran información, produjeran el mismo tipo de utensilios y compartieran la tecnología del fuego; dos especies inteligentes pueden intercambiar información sin intercambiar genes.

En otras palabras, si pasado mañana aterrizara en nuestro planeta una nave extraterrestre, de ella descenderían seres sin duda inteligentes, con los que encontraríamos la manera de comunicarnos. No obstante, por haber evolucionado en diferentes lugares, los extraterrestres y nosotros perteneceríamos a especies biológicas distintas. Pues algo parecido sucedió, aunque con resultado fatal para los neandertales, cuando nuestros antepasados pusieron por primera vez el pie en el continente europeo.

Por otro lado, la asociación que preconizan algunos investigadores de cambios tecnológicos con cambios biológicos implicaría cuatro ocupaciones diferentes y

sucesivas de Europa: primero llegarían los fabricantes del Modo 1 (representados por los fósiles de la Gran Dolina), luego los del Modo 2 (*Homo heidelbergensis*), después los del Modo 3 (los antepasados de los neandertales) y por último los del Modo 4 (la humanidad moderna). En cambio, nosotros pensamos que la difusión cultural entre poblaciones o especies humanas ha sido más frecuente que la sustitución entre ellas, y así Europa sólo habría sido poblada dos veces primero por el *Homo antecessor* hace unos 800.000 años, y por nuestros antepasados hace alrededor de 45.000 años.

Hay investigadores que creen percibir una diferencia sustancial, un abismo, entre las mentes de los neandertales y las de los humanos modernos. De este modo, nuestra superior capacidad cognitiva se manifestaría entre otros aspectos en que sólo nosotros seríamos capaces de elaborar conceptos estéticos y simbólicos. Ya hemos visto que hay discusión sobre si los neandertales enterraban o no a sus muertos con ceremonia. Para nosotros el mero hecho de que lo hicieran ya implica un rito, y por tanto capacidad simbólica.

Por otro lado, es cierto que la explosión de arte se produjo en el Paleolítico Superior. Antes hay algunas pruebas muy dudosas, como las series de incisiones sobre huesos que se encuentran en el yacimiento de Bilzingsleben en Alemania, de hace más de 350.000 años, o la supuesta escultura de mujer de Berekhat Ram en Israel, con más de 230.000 años. Ahora bien, si los antepasados de los neandertales no tenían arte, tampoco los nuestros de la misma época. Las grandes manifestaciones artísticas, como las pinturas y los grabados sobre paredes o en placas de piedra, y las esculturas de animales y de personas, no se encuentran en los primeros momentos del Paleolítico Superior, hace entre 50.000 y 45.000 años, sino sólo desde hace poco más de 30.000 años. Es posible que los neandertales no llegaran a producir arte simplemente porque se extinguieron antes de que éste se generalizara. Sin embargo, ya hemos comentado que los neandertales de la Cueva del Reno llevaban hace 34.000 años objetos de adorno semejantes a los de los humanos modernos contemporáneos suyos, indicando así su sentido de la estética.

Pero... si los humanos modernos no evolucionaron en Europa a partir de los neandertales, ¿de dónde procedían? Para contestar a esta pregunta conviene asomarse al registro fósil del levante mediterráneo.

3. Oriente Próximo: un cruce de caminos

Aunque los neandertales son el resultado de una evolución que se desarrolló sólo en Europa, en algún momento salieron de este continente y se expandieron por Asia central y Oriente Próximo, tal como lo prueban los fósiles de Teshik-Tash en Uzbekistán, de Shanidar en Irak, de Dederiyeh en Siria y los de Kebara, Amud y Tabun en Israel.

Pero en Israel se han encontrado también fósiles de humanos modernos en los yacimientos de Skhul y Jebel Qafzeh (figura 14.2).



FIGURA 14.2. Reconstrucción de una cabeza de mujer del yacimiento de Jebel Qafzeh.

El abrigo de Skhul se encuentra muy cerca de la cueva de Tabun. Fue excavado por Theodore McCown (1908–1969) en 1931–1932 y en él se hallaron restos de al menos diez individuos de morfología moderna. Del yacimiento de Jebel Qafzeh procede una serie de esqueletos de al menos veinte individuos. Theodore McCown y *sir* Arthur Keith estudiaron los fósiles de Skhul y Tabun en los años treinta, llegando a la conclusión de que pertenecían a una única población muy variable de neandertales. Sin embargo, el gran paleoantropólogo Francis Clark Howell y Bernard Vandermeersch, director de las excavaciones en Jebel Qafzeh en su segunda época (años 1961- 1980), se dieron cuenta de que tanto los fósiles de Skhul como los de Jebel Qafzeh pertenecían a humanos modernos con rasgos arcaicos. Hay que precisar que estos humanos modernos no son exactamente iguales que nosotros, sino más bien como podía esperarse que fueran unos antepasados nuestros muy antiguos; algunos

presentan, por ejemplo, toros supraorbitales marcados junto con rasgos exclusivos de nuestra especie, como el mentón de la mandíbula o un cráneo cerebral alto y esférico.

Un fragmento de cráneo (básicamente de la región frontal) de datación incierta hallado en 1925 en la cueva de Zuttiyeh, también en Israel, corresponde a una población aún más antigua de la región. Pero no está claro si se trata de un antepasado de los neandertales o de los humanos modernos, aunque esto último parece lo correcto.

Tanto los neandertales como los humanos modernos mencionados comparten una misma clase de tecnología lítica, el Musteriense, dentro de la gran categoría del Modo 3 o Paleolítico Medio.

Se podría pensar que los neandertales estaban en Oriente Próximo primero, y los humanos modernos llegaron después y los reemplazaron, como vimos que sucedió en Europa. Incluso cabría la posibilidad de que los humanos modernos evolucionaran a partir de los neandertales en Oriente Próximo y pasaran luego a Europa para reemplazar a los neandertales de allí. Más difícil es imaginar que ambos tipo humanos fueran contemporáneos en Israel, y que los neandertales vivieran en la cueva de Tabun y a pocos minutos de distancia los humanos modernos habitaran el abrigo de Skhul. Por eso es tan importante conocer la edad de unos y de otros.

Los fósiles humanos de Tabun, Skhul y Jebel Qafzeh han sido datados por TL, ESR y series de uranio, dando una antigüedad en torno a los 100.000 años. Ahora bien, conviene hacer una precisión en el caso del yacimiento de Tabun. Esta cueva fue excavada entre 1929 y 1934 por la arqueóloga inglesa Dorothy Garrod, que encontró un esqueleto femenino (Tabun 1) y una mandíbula aislada (Tabun 2). El esqueleto es claramente neandertal; en cambio la asignación de la mandíbula aislada (Tabun 2) es más dudosa, y también podría pertenecer a un humano moderno.

Ambos restos proceden, en principio, del nivel datado en unos 100.000 años. Sin embargo, la propia Garrod admitía la posibilidad de que el esqueleto femenino fuera de edad posterior y correspondiera al nivel situado encima; las gentes del nivel superior, al hacer un hoyo para enterrar a la mujer, podrían haberla puesto en el nivel inferior.

Los neandertales de Kebara, Amud, y Dederiyeh son más recientes, entre 85.000 y 50.000 años. Estos fósiles son contemporáneos de los neandertales «clásicos» europeos. Si el esqueleto neandertal Tabun 1 perteneciera también a este período (lo que no es seguro), y la mandíbula Tabun 2 fuera de un humano moderno, entonces todos los datos apuntarían a que los antepasados de los humanos modernos ocuparon la región primero, como una extensión de la población de África; luego habrían sido reemplazados por los neandertales. El arqueólogo Ofer Bar-Yosef piensa que los neandertales habrían invadido el levante en un momento de frío intenso en Europa, en el que se habría producido un desplazamiento de las poblaciones del centro de Europa hacia el Mediterráneo.

Finalmente, hace entre 45.000 y 50.000 años aparecen las industrias del Modo 4 (o Paleolítico Superior) en Oriente Próximo, y cabe suponer que sus autores fueran los humanos modernos que, procedentes de África, habrían sustituido a los neandertales, extendiéndose a continuación por el resto del mundo y reemplazando a cuantas poblaciones humanas de otros tipos encontraron en su camino.

4. Hasta los confines orientales de Asia

Del mismo modo que nuestros antepasados llegaron hasta el Finisterre europeo reemplazando a la especie local, los humanos modernos también se expandieron hasta el extremo oriental de Eurasia y más allá, llegando a Australia hace más de 40.000 años. No se sabe con exactitud cuánto más, porque hay ciertas dudas acerca de las dataciones de los yacimientos arqueológicos más antiguos, pero muchos autores creen que los primeros humanos pusieron pie en Australia hace más de

50.000 años. Un hecho interesante es que en los yacimientos australianos se encuentran utensilios del Modo 3, pero no del Modo 4, un dato que apoya la hipótesis de que el poblamiento de Australia podría haberse producido antes que el de Europa. Tal vez los antepasados de los aborígenes australianos salieran de África sin pasar por Palestina (donde estarían en ese momento los neandertales), sino cruzando el mar Rojo por el estrecho de Bab el Mandeb. Habrían tenido que navegar, pero con toda seguridad lo hicieron para alcanzar Australia, que siempre

fue una isla (a diferencia de Java, no quedaba comunicada por tierra con el continente cuando el nivel del mar bajaba en las épocas glaciales).

Algunos de los cráneos fósiles australianos son muy robustos, con toros supraorbitales incluso y frentes inclinadas. Hay autores como Alan Thorne que creen que estos rasgos indican que los aborígenes australianos actuales llevan genes de los últimos *Homo erectus* indonesios que los humanos modernos encontraron en su camino y con los que se habrían mezclado. Sin embargo, entre los fósiles más antiguos de Australia algunos son de tipo grácil, como los del Lago Mungo (entre 30.000 y 26.000 años), y otros robustos, como el ejemplar WLH 50 (Willandra Lakes), no datado pero que podría ser de edad similar. Alan Thorne piensa que los fósiles robustos y los gráciles tienen procedencias distintas (con mayor o menor participación del *Homo erectus*), pero Peter Brown, otro investigador de los orígenes de los australianos, cree que ambos tipos forman parte de la variabilidad normal de una misma población.

A nuestro entender, lo más probable es que los aborígenes australianos no tengan nada que ver con las poblaciones que habitaban Asia oriental antes de la expansión de la humanidad moderna.

A quienes en realidad recuerdan los fósiles australianos robustos no es a los de *Homo erectus*, sino a algunos de los primeros humanos modernos de Israel y de Europa.

Esta expansión asiática de los humanos modernos tuvo, como en Europa, consecuencias fatales para las poblaciones autóctonas. En el extremo más oriental del mundo poblado por humanos, en la isla de Java, vivían los últimos *Homo erectus*, descendientes de las poblaciones representadas por los fósiles javaneses del Pleistoceno Inferior y Medio. De estos *Homo erectus* finales tenemos una magnífica colección de calvarias encontradas en las terrazas del río Solo en Ngandong. Por lo que se sabe, en la isla de Java, como en Europa, tuvo lugar un proceso de evolución local con cierto grado de aislamiento geográfico y genético. Morfológicamente las calvarias de Ngandong muestran una clara continuidad evolutiva con los fósiles javaneses más antiguos, aunque se aprecia una cierta expansión cerebral (con capacidades entre 1035 cc y 1225 cc) que modifica algo la estructura del neurocráneo. La calvaria de Sambungmacan suele considerarse un

buen ejemplo de fósil intermedio entre especímenes arcaicos como los de Trinil y Sangiran y los cráneos de Ngandong.

Tradicionalmente se ha pensado, a partir de la fauna y la geología de la región, que estos fósiles humanos de Ngandong pertenecían al Pleistoceno Superior (menos de 127.000 años de antigüedad), mientras que la calvaria de Sambungmacan se suele considerar más antigua, con más de 200.000 años. Los *Homo erectus* de Ngandong serían, por tanto, contemporáneos de los neandertales y de los humanos modernos. De ser cierta esta cronología, habrían coexistido tres especies humanas diferentes hasta hace muy poco tiempo. Cari Swisher y otros colegas han obtenido dataciones por series de uranio y ESR en dientes de bóvidos asociados a los fósiles humanos de Ngandong y Sambungmacan. El resultado es del todo sorprendente, con un rango de edades entre 54.000 y 27.000 años. Pero una vez más es preciso esperar a que se confirmen las nuevas dataciones, ya que hay importantes geocronólogos, como Christophe Falguéres, que discrepan y consideran los fósiles de Ngandong, y sobre todo el de Sambungmacan, considerablemente más antiguos, todos ellos con más de 200.000 años de edad.

5. El origen africano del Homo sapiens

Ya hemos visto que los primeros humanos que, aunque con algunos rasgos arcaicos, eran básicamente como nosotros se encontraban en Oriente Próximo (Skhul y Qafzeh) hace entre 90.000 y 120.000 años. En Sudáfrica se conoce un yacimiento de más o menos la misma antigüedad, llamado Klasies River Mouth, que ha proporcionado restos bastante fragmentarios, pero que pertenecen a humanos modernos. Hay en África otros fósiles con características modernas, como Omo-Kibish 1 y 3 (Etiopía) y Border Cave (Sudáfrica), que se consideran aproximadamente de la misma edad, aunque hay menos seguridad en las dataciones. En el norte de África se han hallado fósiles de características modernas asociados a una tradición local del Modo 3 (el Ateriense) en la cueva de Dar-es-Soltan II (Marruecos); su antigüedad es dudosa (entre 70.000 y 40.000 años), pero es probable que sea mayor que la del primer poblamiento de Europa por los humanos modernos.

En torno a hace 1 m.a. hay un gran vacío de fósiles en África, en el que bien podría situarse una población del mismo tipo que la representada por los humanos de la Gran Dolina (*Homo antecessor*). Mientras que en los siguientes cientos de miles de años la población europea de *Homo antecessor* evolucionó hacia los neandertales, la población africana evolucionaría hacia nuestra especie (figura 12.1).

De ser esto así, nuestros orígenes remotos hay que buscarlos entre los fósiles africanos (de hace entre 600.000 y 250.000 años) que algunos autores incluyen, erróneamente, en la especie denominada *Homo heidelbergensis* (que en realidad es exclusiva de Europa). Estos fósiles serían los de Bodo, Eyasi, Ndutu, Salé, Elandsfontein y Broken Hill (a este conjunto le correspondería el nombre de *Homo rhodesiensis*).

Algunos fósiles del continente asiático son similares, especialmente los de Dali y Jinniushan.

Dos cráneos de Yunxian (China) bastante completos pero deformados podrían también incluirse en este grupo, así como un cráneo parcial encontrado en Narmada (India). En principio estas poblaciones procederían de África y habrían reemplazado en el continente asiático a los *Homo erectus*, tal vez cruzándose con ellos. De todas formas necesitamos conocer mejor estos fósiles y sus cronologías para entender bien lo que sucedió en Asia.

Tanto los datos de la genética (que comentaremos más adelante) como de la paleoantropología muestran que nuestra especie es muy homogénea en sus características desde sus primeros representantes, lo que indica que procedemos de una población muy reducida que pertenecía a su vez a una especie más amplia y variada. Hay una serie de fósiles humanos en África, de hace menos de 300.000 y más de 10.000 años, que pueden calificarse ya de premodernos: Omo-Kibish 2 (Etiopía), Ngaloba 18 (Tanzania), Eliye Springs y ER 3884 (Kenia), Florisbad (Sudáfrica), y Jebel Irhoud 1 y 2 (Marruecos). De alguna población africana de esta época venimos nosotros, sin que se pueda decir todavía de cuál. Los fósiles citados tienen, los que las conservan, caras gráciles y parecidas a las nuestras, grandes volúmenes cerebrales (por encima de 1350 cc) y neurocráneos que han perdido robustez y muestran formas redondeadas (con, por ejemplo, occipitales menos angulados que en formas precedentes). Sin embargo, como indica Giorgio Manzi,

todavía no se ha operado en ellos la transformación radical que convirtió, seguramente en un único lugar y tiempo, un neurocráneo más bien bajo y de frente aplanada en uno globoso, enrollado sobre sí mismo, casi esférico, de bóveda alta y frente vertical: el nuestro.

Capítulo 15

El origen de la humanidad moderna: la evidencia genética

El valor y la utilidad de un experimento dependen de lo apropiado que sea el material para el objeto con que se emplea.

GREGOR MENDEL, *Experimentos de hibridación en plantas*.

Contenido:

1. Una idea luminosa

Uno de los aspectos más controvertidos en el campo de la paleontología humana ha sido desde siempre el del origen de la humanidad actual. Para un buen número de paleoantropólogos, como Gunter Bráuer y Christopher Stringer, los humanos modernos se originaron en África hace entre 300.000 y 100.000 años. A partir de esta cuna africana, nuestra especie se expandió por el resto del Viejo Mundo y reemplazó a las distintas humanidades (neandertales y *Homo erectus*) que habían aparecido como resultado de evoluciones locales, en condiciones de aislamiento reproductor, en Europa y Asia. Esta hipótesis ha sido bautizada con el nombre de *Out of Africa* en referencia al hermoso libro de Isak Dinesen (traducido al castellano como *Memorias de Africa*) en que se basó la película del mismo nombre.

Por otra parte, la idea de que neandertales y humanos modernos no forman una secuencia de tipo antecesor descendiente, sino que pertenecen a dos líneas evolutivas independientes separadas desde muy antiguo, también ha sido defendida por distintos paleoantropólogos, desde que fuera expuesta en 1912, por Pierre Marcelline Boule (1861-1942).

En los capítulos precedentes hemos seguido estos planteamientos en cuanto al origen de la humanidad moderna y de sus relaciones evolutivas con los neandertales ya que, en nuestra opinión, la evidencia fósil los confirma plenamente.

Sin embargo, también es cierto que otros paleoantropólogos aprecian, en los mismos fósiles, evidencias de un origen múltiple y muy antiguo de la humanidad moderna. Para estos investigadores, cada una de las distintas poblaciones humanas que ocuparon el Viejo Mundo desde la primera salida de África, hace más de 1 m.a., evolucionaron en cada región geográfica para dar lugar a las poblaciones humanas (las diferentes «razas» en una terminología más clásica) que hoy día pueblan el globo.

En su formulación original, esta hipótesis, defendida por Franz Weidenreich y Carleton Coon (1904-1981) entre otros, contemplaba que cada línea humana había evolucionado independientemente y en paralelo con las otras. Esta visión no es darwinista ya que postula que poblaciones distintas que evolucionan por separado en medios dispares acaban confluyendo en la misma especie. Para salvar este problema, la versión moderna, cuyos principales paladines son Milford Wolpoff y Alan Thorne, propone la existencia de un *flujo génico* entre todas las poblaciones pleistocenas distribuidas a lo largo de África, Asia y Europa. Este flujo génico habría sido de una magnitud suficiente como para mantener la homogeneidad de la especie humana dispersa por tres continentes, pero no tan intenso como para disipar ciertos rasgos que caracterizan a los humanos de cada región. Esta hipótesis se conoce en la actualidad como hipótesis del *origen multirregional*. La causa principal de que puedan mantenerse hipótesis contradictorias referidas al origen de los humanos modernos no es otra que la naturaleza del registro fósil. Los paleontólogos intentan desentrañar un proceso que tuvo lugar a lo largo le centenares de miles de años en tres continentes y que implicó a millares de individuos. Para acometer tamaña tarea no cuentan más que con un puñado de

fósiles, a menudo fragmentarios, aislados y dispersos en el tiempo y el espacio. Sin duda, son más vastas las lagunas del registro que los aspectos conocidos.

El descubrimiento de nuevos fósiles, la datación precisa de éstos y el conocimiento cada vez más profundo de la biología de las especies son las herramientas de las que se valen los paleontólogos para ir contrastando sus hipótesis. Pero este procedimiento es lento y tortuoso y depende en buena medida del azar propio de los hallazgos paleontológicos. Lo ideal sería poder recurrir a datos procedentes de un campo independiente de la paleontología para poner a prueba las hipótesis surgidas del estudio de los fósiles; pero ¿adónde acudir en busca de dichos datos?

El conocimiento que hemos alcanzado a lo largo de este siglo sobre los mecanismos de la herencia genética nos ha permitido plantearnos una manera nueva de enfocar el problema de la historia evolutiva de las especies. La idea es tan simple como luminosa: no importa que haya pocos fósiles de las especies del pasado, puesto que el material genético de las especies vivas contiene las claves de su propia historia evolutiva; sólo es preciso saber dónde mirar.

Ya vimos un ejemplo de este planteamiento en el capítulo dedicado al origen de los homínidos y sus relaciones con gorilas y chimpancés. Pero el problema del origen de la humanidad moderna es diferente porque sólo sobrevive una de las especies involucradas en el proceso y, por tanto, únicamente de ella disponemos de material genético (con una sola excepción que abordaremos más adelante en este mismo capítulo). Los estudios genéticos dedicados a esclarecer el origen de la humanidad moderna buscan determinar la estructura genética de la humanidad actual, a partir de la cual es posible realizar inferencias sobre el cómo, el cuándo y el dónde de nuestro origen.

2. Las moléculas de la herencia

La molécula responsable de la herencia biológica es el ácido desoxirribonucleico (ADN), que lleva codificada en su estructura química la información necesaria para asegurar la continuidad de las especies. El ADN de las células está organizado en unidades discretas llamadas *cromosomas*, que en el caso de las células de los animales están albergados en el interior del núcleo celular.

Cada especie tiene un número determinado de cromosomas; los humanos tenemos 23 pares distintos de cromosomas homólogos, o sea, 46 cromosomas en total.

Cuando se producen los gametos (óvulos y espermatozoides) tiene lugar un tipo de división celular muy especial conocido como *meiosis*, como resultado del cual cada gameto sólo recibe una copia de cada cromosoma; es decir, que a diferencia de las demás células del cuerpo, nuestros gametos sólo tienen 23 cromosomas, uno de cada tipo. Este proceso tiene un significado evidente: si los gametos portaran el mismo número de cromosomas que el resto de las células del organismo, la célula huevo, resultante de la fusión de dos gametos, tendría el doble de cromosomas que las células de sus progenitores, con lo que el número de cromosomas de una especie no sería constante a lo largo del tiempo sino que se doblaría en cada generación.

Durante la meiosis tiene lugar un fenómeno muy importante llamado *recombinación*, que consiste en el intercambio de fragmentos de ADN entre los cromosomas homólogos de cada par.

Como resultado se obtienen dos cromosomas recombinantes cuya información genética es una mezcla de la de los cromosomas paterno y materno. El fenómeno de la recombinación es muy valioso en términos evolutivos ya que al mezclar la información procedente de cada progenitor aparecen combinaciones genéticas nuevas. La recombinación es junto a la mutación el principal factor de producción de variabilidad en los organismos, que es la base sobre la que actúa la selección natural.

El par cromosómico 23 es diferente de los demás pares porque está formado por dos cromosomas distintos en el caso de los varones. En este par de cromosomas es donde reside la información genética que determinará el sexo de las personas. Los cromosomas del par 23 pueden ser de dos tipos: un cromosoma con forma de «X» (que recibe ese nombre, cromosoma X) y otro, más pequeño, con forma de «Y» (que se denomina cromosoma Y). Las mujeres siempre presentan dos cromosomas X en el par 23, mientras que los varones tienen un cromosoma X y un cromosoma Y en dicho par; así, las mujeres son XX y los varones XY.

3. La Eva Negra

Nuestras células obtienen su energía a través de una serie de reacciones químicas muy complejas, la mayor parte de las cuales, en especial aquellas en las que interviene el oxígeno, tienen lugar en el interior de una serie de pequeños orgánulos llamados *mitocondrias*. Además de por este importante papel en la vida celular, las mitocondrias son extraordinarias por otra característica: son los únicos orgánulos de la célula animal que poseen su propio material genético.

El ADN de una mitocondria está contenido en un cromosoma circular más pequeño que los cromosomas del núcleo de la célula, y muy parecido al de las bacterias. El ADN mitocondrial es ideal para los estudios evolutivos por dos razones: en primer lugar porque toda su variabilidad se debe en exclusiva a las mutaciones, ya que no sufre el proceso de recombinación; y en segundo término porque los orgánulos de la célula huevo proceden únicamente del óvulo materno y se transmiten de manera matrilineal (en el proceso de fecundación el espermatozoide sólo aporta sus cromosomas nucleares, por lo que la célula huevo es el propio óvulo más los cromosomas nucleares del espermatozoide).

De este modo, podemos seguir la ascendencia de un cromosoma mitocondrial, de mujer en mujer, a través de las generaciones. El ADN de las mitocondrias (ADNmt, en lo sucesivo) de cualquiera de nuestras células puede identificarse con un único antecesor en cada generación: nuestra madre, nuestra abuela materna, sólo una de nuestras cuatro bisabuelas (la madre de nuestra abuela) y así sucesivamente.

De manera ingenua, se podría suponer que los genéticos analizan la totalidad del ADNmt de cada individuo a la búsqueda de sus peculiaridades para compararlas con las de otras personas, pero lo cierto es que esta tarea requeriría una gran cantidad de tiempo, medios y esfuerzo. En realidad, los estudios sobre la variabilidad del ADNmt se circunscriben a regiones concretas. Las regiones elegidas deben presentar variabilidad, que se manifiesta por la existencia de una serie de tipos diferentes de ADNmt (polimorfismo); las diferentes poblaciones humanas modernas pueden ser caracterizadas por la frecuencia en que se presentan, en cada una de ellas, los correspondientes tipos.

Aunque no fue el primer trabajo publicado sobre la variación del ADNmt en humanos, el artículo aparecido el primer día del año 1987 en la revista *Nature* y firmado por Rebecca Cann, Mark Stoneking y Allan Wilson supuso una auténtica

conmoción en los estudios sobre el origen de la humanidad moderna. En dicho trabajo se presentaban los resultados de un extenso estudio realizado a partir del ADNmt de ciento cuarenta y siete personas procedentes de cinco grandes grupos humanos diferentes (caucásicos, asiáticos, africanos, aborígenes australianos y aborígenes de Nueva Guinea). La amplitud de la muestra, unida a la gran extensión de la porción del ADNmt estudiada (que representaba alrededor del 9% del total del cromosoma mitocondrial), contribuyeron al gran impacto del artículo.

Los resultados de este trabajo pueden resumirse en dos puntos principales (en los que también coincidían las investigaciones, más limitadas, sobre el ADNmt realizadas por otros autores en años anteriores).

En primer lugar, se apreciaba la *existencia de dos grandes grupos* en cuanto al parecido de los ADNmt. En uno de ellos se encontraba solamente ADNmt de origen africano, mientras que en el otro aparecían los ADNmt del resto de las procedencias junto con algunos ADNmt de origen africano.

El segundo resultado fundamental del estudio se refería a la *variabilidad dentro de cada grupo*. Los ADNmt del grupo africano mostraban más diversidad entre sí que la existente dentro del grupo que incluía al resto de ADNmt. Esta situación fue interpretada como evidencia de que el grupo africano era el más antiguo de todos. El que la diversidad encontrada entre los ADNmt de un grupo pueda usarse como medida de su antigüedad se basa en la presunción de que cuanto más antiguo sea dicho grupo más tiempo habrá tenido para acumular mutaciones, dando lugar a más tipos diferentes de ADNmt.

Finalmente, los autores del artículo calcularon el tiempo transcurrido desde que se produjo la separación de todas las líneas de ADNmt en alrededor de 200.000 años, momento en el que vivió en África la mujer hasta la que podían remontarse dichas líneas.

Las conclusiones del trabajo de Cann, Stoneking y Wilson saltaron a los medios de comunicación y fueron inmediatamente bautizadas como la hipótesis de la Eva Negra (en alusión al origen africano de nuestra especie), pero también fueron puestas enseguida en tela de juicio.

Las principales objeciones a la hipótesis de Cann y sus colaboradores se refieren sobre todo a la interpretación que estos autores hicieron de sus resultados y al modo en que estimaron el tiempo.

Respecto de las críticas dirigidas a la interpretación de los resultados, destacan dos argumentos. El primero incide en el hecho de que, por la naturaleza de su transmisión matrilineal, es esperable que se vayan perdiendo líneas de ADNmt a lo largo del tiempo debido exclusivamente al azar (por ejemplo, el ADNmt de aquellas mujeres que sólo alumbren varones dejará de estar representando en la población), lo que explicaría, sin más, la poca variabilidad de las poblaciones extraafricanas.

Otra crítica hace referencia a que los estudios de ADNmt pueden ofrecer una visión sesgada de la historia evolutiva de la humanidad, ya que sólo contemplan la historia de las mujeres, que podría no ser la misma que la del conjunto de la población.

Estas objeciones han tenido sus correspondientes réplicas y contrarréplicas, involucrando a un elevado número de científicos. Puesto que todos los argumentos expuestos son razonables, la única manera de resolver el problema es la de buscar nuevas evidencias estudiando el ADN nuclear.

Respecto del cálculo del tiempo transcurrido desde el origen de la humanidad moderna, volveremos sobre este punto más adelante en este mismo capítulo.

4. Un Adán para Eva

La mejor manera de contrastar los resultados e interpretaciones realizadas a partir del estudio del ADNmt, consiste en estudiar la variabilidad de una parte del ADN nuclear que se transmita por vía paterna y que, como en el caso del cromosoma de la mitocondria, no experimente recombinación. El único cromosoma nuclear que cumple estas características es el cromosoma Y.

Algunos de los polimorfismos detectados en el cromosoma Y tienen la característica de que su variabilidad puede resumirse en unos pocos tipos (o *haplotipos*) entre los que es posible determinar cuál es el primitivo (por comparación con la condición presente en los antropomorfos). Esta situación supone una valiosa novedad respecto de los trabajos anteriores realizados con el cromosoma mitocondrial, en los que se deducía cuál era el tipo primitivo a partir de la distribución de los distintos tipos de ADNmt entre las poblaciones estudiadas.

Los resultados de distintos análisis sobre diferentes polimorfismos del cromosoma Y apuntan todos en la misma dirección: la humanidad moderna tuvo un antepasado varón que vivió en África hace entre 100.000 y 200.000 años. Los dos estudios más recientes, realizados por los equipos encabezados por Michael Hammer y Peter Underhill, llegan aún más lejos y señalan a los khoisánidos (los bosquimanos) como la población humana con las frecuencias más altas de haplotipos primitivos.

Pero además de estos resultados referidos al origen de nuestra propia especie, los estudios sobre el cromosoma Y nos han aportado información muy valiosa sobre otros aspectos de nuestra historia evolutiva. En primer lugar, que la salida de África no fue en una única «oleada» sino que se produjeron al menos dos en distintas épocas. La primera de ellas tuvo lugar hace más de 50.000 años y colonizó Asia y Australia, mientras que a Europa llegó otra «oleada» posterior. Estos resultados coinciden con los datos de la arqueología que, como ya hemos visto, apuntan a que el poblamiento de Australia por la humanidad moderna fue anterior al de Europa.

Pero el aspecto que quizá resulte más llamativo al comparar los estudios sobre el ADNmt y el cromosoma Y sea que, mientras que las distintas variantes del ADNmt están muy extendidas por todo el mundo, los diferentes tipos del cromosoma Y presentan distribuciones geográficas más limitadas y muchos de ellos aparecen restringidos a grupos locales. Según Luigi Cavalli-Sforza, estos datos admiten una interpretación atrevida: que han sido las mujeres las que han llevado sus genes por todo el mundo, mientras que los varones han permanecido preferentemente en su grupo natal; o sea, sociedades de tipo *patrilocal*. Cabe recordar la hipótesis de Rob Foley, que ya comentamos en el capítulo dedicado a la biología social, de que los primeros homínidos formaban, al igual que los chimpancés, sociedades patrilocales de machos emparentados.

5. Los otros cromosomas

Aunque los análisis realizados sobre el cromosoma mitocondrial y el cromosoma Y llegan a conclusiones similares, es posible argumentar que estos resultados están basados en estudios limitados a una pequeña parte del ADN de una persona y, además, circunscritos a cromosomas muy especiales, dada su especial vinculación a uno u otro sexo. Legítimamente, cabe preguntarse si la «historia evolutiva» del

resto de los cromosomas también apoyará el origen africano o, si por el contrario, mostrará un panorama más diverso.

El investigador James Wainscoat fue uno de los pioneros en el estudio del origen de la humanidad moderna a partir del ADN nuclear. Trabajando sobre la distribución de cinco polimorfismos en la región del gen de la hemoglobina para ocho grupos humanos, Wainscoat y su equipo publicaron en 1986 que todas las poblaciones humanas modernas derivaban de una población ancestral africana de hace unos 100.000 años, y cuyos efectivos habrían estado en torno a los seiscientos individuos. En esta misma línea se encontraban también las conclusiones que Luigi Cavalli-Sforza y sus colaboradores dieron a conocer en 1988 a partir del análisis de la distribución de 120 marcadores genéticos (proteínas codificadas por el ADN nuclear tales como los grupos sanguíneos) en cuarenta y dos poblaciones humanas. El origen africano, hace alrededor de 100.000 años, de la humanidad moderna fue corroborado de nuevo en 1991 por un amplio estudio en polimorfismos del ADN nuclear realizado por dos equipos encabezados por Luigi Cavalli-Sforza, y Judith y Kenneth Kidd.

6. Parque Pleistoceno

El famoso libro de Michael Crichton *Parque jurásico*, que dio pie a la saga de películas del mismo nombre dirigidas por Steven Spielberg, está basado en la posibilidad de recuperar ADN intacto a partir de restos fósiles. Cuando Crichton escribió su libro se acababan de publicar una serie de artículos científicos que daban cuenta del hallazgo de ADN de dinosaurios a partir de insectos fosilizados en ámbar hace cerca de 100 m.a. Sin embargo, hoy día estos trabajos están completamente desprestigiados y se ha comprobado que el ADN encontrado procedía de contaminación moderna. Más aún, se ha demostrado que no es posible encontrar ADN fósil tan antiguo por la sencilla razón de que esta molécula no se conserva inalterable tanto tiempo; ni siquiera el ámbar puede evitar la oxidación del ADN y su consiguiente deterioro.

El ADN más antiguo que se ha recuperado en fósiles tiene una antigüedad mucho más modesta que la de los dinosaurios de *Parque jurásico*; se trata de ADNmt de mamuts conservados en los hielos de Siberia entre hace 50.000 y 100.000 años.

Las bajas temperaturas parecen haber favorecido la conservación del ADNmt de los mamuts y no se espera hallar nada semejante fuera de ambientes tan especiales como el helado suelo siberiano.

Uno de los principales problemas para los «paleontólogos del ADN» (aparte de la propia existencia de ADN fósil) consiste en evitar la contaminación de ADN moderno debida a la manipulación inherente a la excavación, restauración, estudio y otras labores que se llevan a cabo sobre los fósiles. Un buen ejemplo de esta situación han sido los esfuerzos para aislar ADNmt del popular Hombre del Hielo del Tirol (de hace 5000 años). Los primeros intentos toparon con la presencia de ADN moderno contaminante, y se hizo preciso refinar las técnicas para encontrar ADNmt que no ofreciera dudas sobre su autenticidad.

Aunque los resultados alcanzados con el estudio sobre el ADNmt del Hombre del Hielo fueron de alcance modesto (se demostró que su ADNmt pertenecía a un tipo característico de las poblaciones centroeuropeas), sí se obtuvieron lecciones muy valiosas sobre las técnicas y controles necesarios para soslayar el problema de la contaminación con ADN humano moderno.

Contando con estos nuevos procedimientos, un equipo internacional (formado por Matthias Krings, Anne Stone, Ralph Schmitz, Heike Krainitzki, Mark Stoneking y Svante Pääbo) decidió abordar la búsqueda de ADNmt en fósiles neandertales. Para ello tomaron muestras en el ejemplar tipo de esta especie: el esqueleto de *Neandertal*. Su estudio se planeó con mucho cuidado y estuvo precedido de todas las precauciones, tanto para evitar en lo posible la contaminación como para no destruir inútilmente un fragmento de tan valioso fósil. La muestra (de 3,5 g) se tomó de un lugar en teoría inaccesible a la contaminación: la parte interna de uno de los huesos, concretamente del húmero derecho del fósil.

El siguiente paso en el estudio consistió en analizar la estructura de los fragmentos de ADNmt presuntamente neandertales. La molécula de ADN está formada por la unión de miles de unidades menores conocidas como nucleótidos, de las que en el ADN hay sólo cuatro tipos distintos. La estructura de un fragmento de ADN no es otra cosa que la secuencia de nucleótidos que lo constituyen; de modo que el trabajo en este punto consistió en determinar dicha secuencia en los distintos

fragmentos de ADNmt encontrados en la muestra tomada en el fósil[5]. Muchos de dichos fragmentos presentaban secuencias iguales en una parte de su longitud, es decir que se solapaban, lo que permitía restablecer la secuencia del segmento original del que procedían. Así, tras tres meses de intenso trabajo, fue posible reconstruir la secuencia de un segmento de 379 nucleótidos a partir de 123 fragmentos diferentes. Esta secuencia correspondía a la región I del segmento de control del ADNmt.

Pues bien, los autores de la investigación compararon la secuencia del ADNmt procedente del fósil con 16 tipos de ADNmt de chimpancé y 986 tipos pertenecientes a distintas poblaciones humanas modernas, obteniendo unos resultados de extraordinario valor. En primer lugar, determinaron que los chimpancés y los humanos difieren, en promedio, en 55 posiciones de la secuencia de bases, mientras que el ADNmt objeto del estudio muestra una diferencia promedio de 27 posiciones con los humanos modernos. Además, establecieron que en la muestra de humanos modernos la diferencia promedio es sólo de 8 posiciones. Es decir, que el ADNmt del fósil es lo suficientemente parecido a nosotros como para admitir que procede de un ser humano pero tan distinto como para rechazar que pertenezca a un ser humano actual, lo que descarta la posibilidad de la contaminación y confirma su procedencia: un auténtico fragmento de ADNmt de un neandertal.

El hecho de que la diferencia promedio entre el ADNmt neandertal y el de los humanos modernos sea más de tres veces mayor que la diferencia promedio existente en estos últimos (27 posiciones frente a 8), ha llevado a los autores de la investigación a la conclusión de que la separación entre ambos linajes se produjo en un momento muy alejado en el tiempo[6]. Para determinar la antigüedad de dicho suceso, los autores del estudio emplearon una tasa de mutación determinada a partir del promedio de cambios existente entre los humanos modernos y los

[5] A partir de la muestra del fósil neandertal se obtuvieron una serie de fragmentos de ADNmt que representaban dos clases de secuencias. Una de ellas se atribuyó a ADNmt moderno, debido a contaminación, mientras que la otra se contempló como susceptible de corresponder a auténtico ADNmt del ejemplar fósil. Es destacable que a pesar de todas las precauciones tomadas, que teóricamente hacían imposible la presencia de ADN contaminante, éste aparecía en los análisis. Este hecho nos indica qué difícil es evitar la contaminación en este tipo de trabajos y cuestiona el valor de los resultados de otros estudios menos rigurosos.

[6] No obstante, algunas de las comparaciones entre los ADNmt de humanos modernos arrojaron una diferencia mayor (hasta en 24 posiciones) de las obtenidas entre el ADNmt neandertal y el de ciertos humanos (2o posiciones). De modo que los resultados del trabajo no son tan contundentes como se ha llegado a decir, sino que más bien deben contemplarse como fiables a nivel estadístico.

chimpancés (55), y el tiempo que se supone que ha pasado desde la separación de las dos líneas.

Sus cálculos resultaron en una antigüedad de entre 550.000 y 690.000 años para la divergencia neandertales/humanos modernos y de entre 120.000 a 150.000 años para el origen de la diversidad humana actual.

Los resultados sobre la antigüedad de la humanidad reciente concuerdan con aquéllos procedentes de los estudios sobre el ADNmt, el cromosoma Y y otros cromosomas nucleares.

Como aspecto colateral del análisis, también los ADNmt de humanos actuales de origen africano aparecen como ancestrales de los del resto de las poblaciones humanas modernas.

Aparte del refuerzo que este estudio supone para el origen único y africano de la humanidad actual, hay otro aspecto de especial relevancia que merece ser destacado. La divergencia de los neandertales y de los humanos modernos es llevada mucho más atrás de lo que la mayoría de los autores dedicados al estudio de los fósiles proponían hasta ese momento. Sin embargo, tal antigüedad sí es compatible con los resultados de nuestras investigaciones sobre los fósiles humanos de Atapuerca, tanto de la Sima de los Huesos como del nivel 6 de Gran Dolina. Como ya hemos comentado con anterioridad, los fósiles de Gran Dolina, de una edad próxima a los 800.000 años, representan a la especie antecesora de los linajes de los neandertales y humanos modernos: *Homo antecessor*.

Quizás el descubrimiento del ADNmt fósil de los neandertales dé lugar a una nueva novela dedicada a la clonación de individuos neandertales. Sin embargo, una de las consecuencias que se pueden extraer de nuestro mejor conocimiento sobre el ADN fósil es que no hay posibilidades de encontrar la suficiente cantidad de ADN nuclear que nos permita soñar con la versión pleistocena del libro de Crichton.

7. Fósiles y moléculas

Con frecuencia, se ha presentado a la opinión pública la idea de que los estudios genéticos han permitido, por sí mismos, descubrir el cómo, cuándo y dónde de nuestro origen. Sin embargo, tal como planteábamos al comienzo de este capítulo, las principales hipótesis referidas al cuándo y al dónde han sido propuestas a partir

del estudio de los fósiles y fueron planteadas con anterioridad al comienzo de los estudios genéticos.

En este contexto, los estudios genéticos han reforzado la hipótesis que sostiene el origen africano de la humanidad moderna (hipótesis «Out of Africa»). Además, los análisis genéticos también han corroborado la opinión de muchos paleontólogos de que los neandertales no estuvieron, directa o indirectamente, en nuestra ascendencia evolutiva, sino que ambas humanidades compartimos un antepasado común ciertamente lejano en el tiempo.

Un aspecto notable en el que los estudios genéticos sí han arrojado luz por sí mismos se refiere al cómo de nuestro origen. La escasa diversidad genética que se aprecia en las poblaciones humanas extraafricanas nos informa de la existencia de un fenómeno evolutivo conocido como «cuello de botella» en el momento de la salida de África de nuestra especie. Los «cuellos de botella» se producen cuando una población biológica está originada a partir de un número relativamente reducido de individuos que sólo portan una fracción de la diversidad genética de la población matriz. Como consecuencia de ello, la población derivada sólo recibe una parte de dicha diversidad.

Un buen ejemplo de este fenómeno lo podemos encontrar en la población bóer de Sudáfrica, originada en su mayor parte por un puñado de pioneros holandeses llegados durante el siglo XVII.

Hay constancia histórica de que uno de aquellos colonos, llegado en 1688, padecía de una rara enfermedad genética conocida como *porfiria*; pues bien, hoy día la frecuencia de dicha enfermedad en la población sudafricana de origen bóer es varios cientos de veces superior a la de cualquier otra población humana.

Del mismo modo, la gran homogeneidad genética de las poblaciones no africanas delata que los grupos humanos modernos que colonizaron Asia y Europa estuvieron formados por una pequeña fracción de la población africana original.

El número de pioneros también puede establecerse con cierta fiabilidad. Un equipo de genéticos, entre los que se encuentra el investigador de origen español Francisco Ayala, ha analizado la variabilidad existente en la humanidad moderna en los genes responsables del complejo principal de histocompatibilidad o sistema HLA, que

participa en la defensa ante las invasiones microbianas gracias a su capacidad para reconocer proteínas extrañas al organismo.

Estos genes se sitúan en el cromosoma G y presentan una extraordinaria variabilidad, que permite que el sistema HLA reconozca como extrañas a un gran número de moléculas. La variación existente en la humanidad actual nos informa que el «cuello de botella» por el que pasaron nuestros antepasados no fue demasiado severo, porque de lo contrario la variabilidad en el sistema HLA sería mucho menor. Según estos investigadores, el número de colonizadores que salieron de África hubo de ser mayor de 500 individuos y muy probablemente en torno a 10.000 personas.

Si bien los estudios genéticos han servido para contrastar las hipótesis paleontológicas referidas al dónde del origen de los humanos modernos y han resultado de especial valía como fuente de información nueva sobre el cómo de dicho origen, no han sido tan elocuentes en la cuestión del *cuándo* de nuestra aparición.

Respecto de las medidas del tiempo que se efectúan en los estudios genéticos, los llamados «relojes moleculares», sus resultados son siempre problemáticos porque se basan en una serie de asunciones muy discutibles, que ya comentamos en el capítulo dedicado al origen de los homínidos (la presunción de que la tasa de mutación es constante o de que las regiones del ADN estudiadas son neutras respecto de la acción selección natural).

Quizá las críticas más consistentes al establecimiento de los «relojes moleculares» sean las que ponen en duda las tasas de mutación empleadas para realizar los cálculos del momento en que se originó la humanidad moderna. En el propio artículo de Cann, Stoneking y Wilson se reconoce que no es posible establecer de manera fiable el tiempo transcurrido a partir, exclusivamente, de la variabilidad del propio ADNmt. Estos autores, como todos los demás, ajustan sus «relojes moleculares» empleando el propio registro fósil, por lo que no pueden invocarse sus resultados para contrastar las hipótesis elaboradas a partir de los fósiles. En este aspecto, paleontología y genética no son fuentes independientes.

A finales del siglo XX, nuestra visión sobre el origen de la humanidad moderna es mucho más completa de lo que cabía suponer hace apenas veinte años. Nuestra

certidumbre sobre el lugar y el momento en que se produjo la génesis de nuestra especie ha aumentado considerablemente y hemos progresado mucho en cuanto al esclarecimiento del modo en que tuvo lugar el proceso.

Contra lo que pensaban algunos, las moléculas no han venido a sustituir a los fósiles en los estudios sobre la evolución de la humanidad. Los distintos enfoques de la paleontología y la genética nos han permitido contemplar los problemas desde diferentes perspectivas, enriqueciendo nuestro conocimiento de la historia evolutiva de la especie *Homo sapiens*.

8. Patrones de belleza

Hasta aquí hemos hablado del pasado de nuestra especie, pero ¿cuál es su futuro? Muchas personas opinan que al depender, gracias a las máquinas, cada vez menos de la fuerza física para ganarnos el sustento y cada vez más de nuestra inteligencia, los órganos correspondientes se verán afectados en el futuro. Así, con frecuencia se representa al humano del mañana con una cabeza muy grande y un cuerpo atrofiado; o mejor sería decir con un cerebro super desarrollado, porque la cara y los dientes también se pintan reducidos. En resumidas cuentas, un ser muy poco atractivo de acuerdo con los cánones de belleza griegos. No se suele precisar cuándo llegaremos a convertirnos en criaturas tan poco atléticas, aunque, eso sí, muy inteligentes, pero parece que al ritmo que vamos los patrones de belleza tendrán que cambiar con mucha rapidez (¡adiós al 90-60-90!). Pero ¿es posible que la selección natural actúe todavía sobre nosotros y pueda determinar el curso futuro de la evolución humana? Que nuestra especie está sometida a selección natural, como todas las demás, es algo fuera de toda duda. Los individuos con graves taras genéticas no llegan a adultos y no se reproducen, y muchos mueren en el útero sin llegar a nacer. Pero tal selección normalizadora, que elimina individuos extremos, no modifica la especie. Para que ésta evolucione en una dirección concreta hace falta mucho tiempo y que los individuos con determinadas características se reproduzcan más que los demás, cosa que en apariencia no se está produciendo, al menos a gran escala. Además, la tecnología nos permite adaptarnos rápidamente a vivir en toda clase de ambientes, incluyendo la Luna, sin cambiar nuestra morfología. La adaptación por medio de la selección natural es mucho más lenta (y

más limitada). Sin ir más lejos, gracias a la escritura primero y la informática ahora, nuestro cerebro ya no tiene que crecer para acumular más información y procesarla.

Por otro lado, nuestra especie es ya muy numerosa, con lo que presenta una gran inercia genética o resistencia a los cambios, que se diluyen como gotas de agua en el océano. Se producirá, eso sí, un fenómeno interesante que contradice la trayectoria de la humanidad en los últimos miles de años; las poblaciones humanas, que se han ido aislando unas de otras y diferenciando en razas, están empezando a mezclarse entre sí e intercambiar genes, con lo que es seguro que tendrán lugar nuevas combinaciones genéticas, sin que eso quiera decir que la especie vaya a cambiar sustancialmente en el futuro más próximo.

Queda por último por mencionar un factor inquietante. Desde que descubrimos la selección artificial hace 10.000 años con la agricultura y la ganadería, siempre hemos podido modificarnos a nosotros mismos igual que hemos hecho con las razas de animales. No parece que esto haya ocurrido a una escala importante. Ahora, sin embargo, con nuestro conocimiento de la genética empezamos a tener la posibilidad real de modificar nuestros propios genes de forma mucho más rápida y radical que con la selección artificial (y mucho más aún de como lo hace la selección natural). La manipulación genética, que puede liberarnos de taras y enfermedades, puede también dirigirse hacia otros objetivos. Pero, en todo caso, éste es un instrumento, como todos los que la ciencia pone a nuestra disposición, que es nuestra responsabilidad controlar.

Capítulo 16
El origen del lenguaje humano

Ansí mismo era necesario que el dicho agujero de la nuez se cerrase al tiempo que la vianda se traga porque no entre por el garguero que sería cosa enojosa y perjudicial, de la cual tenemos experiencia cada día cuando nos damos priesa al tragar y nos entra algo por el garguero, porque le sigue tras ello tos muy molesta y congojosa.

BERNARDINO MONTAÑA DE MONSERRATE, *Libro de la anathomia del hombre*.

Contenido:

1. El anillo del rey Salomón

Los seres humanos somos los únicos organismos que hablamos. Es decir, transmitimos a nuestros semejantes, y recibimos de ellos, cualquier tipo de información nueva, codificando deliberadamente nuestros mensajes en combinaciones (palabras) de sonidos preestablecidos (sílabas). El resto de los animales sólo son capaces de intercambiar informaciones muy concretas sobre

algunos aspectos de su vida, empleando para ello un sistema limitado de sonidos y gestos que no están codificados de manera intencionada.

Konrad Lorenz se refiere, en un delicioso libro titulado en castellano *El anillo del rey Salomón*, a la leyenda de que el rey Salomón poseía un anillo que le permitía hablar con las bestias. Lorenz se ufanaba de que, sin necesidad del anillo, él también era capaz de entender el sencillo vocabulario de los animales; pero añadía que éstos no tienen un verdadero lenguaje, sino que cada individuo posee de manera innata un código de señales formado por voces y movimientos expresivos que otro ejemplar de la misma especie es capaz de entender, también de manera innata. Sin embargo, y ahí está la diferencia fundamental con nuestro lenguaje, los animales emiten esas señales como autómatas cuando se encuentran en un determinado estado de ánimo, incluso aunque no haya nadie para presenciarlas. Lorenz expresaba esta idea diciendo que con sus sonidos los animales no emiten «palabras», sino «interjecciones». Según el *Diccionario de la Real Academia Española*, interjección es «una voz que expresa alguna emoción súbita o un sentimiento profundo, como asombro, sorpresa, dolor, molestia, amor…». Y eso es exactamente lo que, según Lorenz, expresan los animales.

Estas ideas parecen ser ciertas para la mayor parte de los animales, pero quizá no sean tan exactas en el caso de los primates. Dorothy Cheney y Robert Seyfarth han estudiado el mono tota (*Cercopithecus aethiops*) en su medio natural en África, observando que estos animales, además de emitir señales en forma de sonidos o gestos que avisan sobre su motivación o estado de ánimo, también informan sobre determinados aspectos del medio. Por ejemplo, tienen diferentes vocalizaciones para señalar la presencia de distintos depredadores: serpiente, águila o leopardo.

Las reacciones que provocan estas llamadas en los oyentes son diferentes en cada caso: se suben a los árboles si el aviso es de un leopardo, se esconden en los matorrales o miran hacia arriba si se trata de un águila y se yerguen y escrutan el herbaje cuando se advierte de la presencia de una serpiente. Es decir, que cada llamada tiene un significado distinto que desencadena una respuesta diferente; no son simples gritos de miedo ante la presencia de un depredador.

Además, las investigaciones de Cheney y Seyfarth con otras llamadas relacionadas con la vida social de los totas han descubierto que estos monos asocian

vocalizaciones cuyos significados son similares, aunque sean acústicamente muy distintas (de la misma manera que nosotros haríamos con las palabras «coche» y «automóvil»).

Por otra parte, en los años sesenta y setenta la idea de la comunicación directa con los animales más parecidos a nosotros, los chimpancés y gorilas, fue tomada muy en serio en algunos programas de investigación. Ya que chimpancés y gorilas no pueden pronunciar físicamente las palabras, se les facilitó la tarea de comunicarse con nosotros enseñándoles el lenguaje de los sordomudos, un lenguaje de gestos, que sí podían reproducir. Los chimpancés y gorilas resultaron discípulos aventajados en esto y pusieron de manifiesto su capacidad de asociar ideas, que nosotros expresaríamos con palabras, a gestos o a fichas de diferentes formas, con dibujos y colores (iconos).

Un bonobo llamado Kanzi, del que ya hemos hablado en relación con su capacidad de tallar instrumentos de piedra, entiende más de ciento cincuenta palabras del inglés hablado. Y Kanzi no ha sido el único chimpancé que ha mostrado ciertas capacidades lingüísticas. Washoe fue el primer chimpancé que aprendió una serie de signos del lenguaje de los sordomudos (ciento treinta y dos signos tras algo más de cuatro años de adiestramiento), Sarah dio muestras de habilidad para detectar el orden de objetos empleados como palabras, y Lana completaba adecuadamente oraciones construidas con caracteres representativos de palabras, atendiendo al significado y orden de las mismas.

Una pregunta clásica en relación con los sistemas de comunicación de los animales es si éstos pueden engañar a sus congéneres en su propio beneficio. El saber mentir los haría más «humanos», ya que indicaría que no son meros autómatas, sino que son capaces de controlar sus expresiones. Pues bien, hay numerosas observaciones sobre chimpancés en libertad que engañan a sus compañeros, en contextos muy diversos, con sus gestos, posturas y expresiones faciales.

Nuestros pecados son también los suyos.

Los resultados de todas estas investigaciones son muy valiosos porque han descubierto una incipiente destreza lingüística en los primates que era negada en años anteriores, pero han resultado decepcionantes en tanto que ninguno de ellos nos ha comunicado información relevante alguna sobre sí mismos. Los monos totas

parecen disponer de un limitado repertorio de «palabras» que emplean en situaciones muy concretas, y los chimpancés han demostrado ser muy competentes manejando símbolos e incluso unos consumados mentirosos; pero eso es todo. Quizás el mito del anillo del rey Salomón sea, después de todo, sólo eso, un mito.

Puesto que el lenguaje humano es tan diferente del de nuestros parientes vivos, la cuestión de su origen y desarrollo sólo puede ser abordada desde el campo de la paleontología.

2. Lenguaje y cerebro

La *paleoneurología* trata de determinar las capacidades mentales de una especie fósil a través de las impresiones que el cerebro deja sobre la superficie interna del cráneo. Dos áreas de la corteza cerebral, ambas en el hemisferio cerebral izquierdo, están estrechamente relacionadas con el habla en los humanos (figura 8.1). El *área de Broca*, situada en la tercera circunvolución frontal (a la altura de la sien), es la encargada de la construcción y planificación sintáctica; es decir, traduce los mensajes en una secuencia ordenada de movimientos de los músculos que intervienen en la producción del habla. Una lesión a este nivel perturba la capacidad de hablar y escribir, pero no la comprensión del lenguaje hablado y se puede seguir leyendo. Por su parte, el *área de Wernicke*, situada entre la circunvolución temporal superior y el lóbulo parietal (un poco por detrás y encima del oído), es la encargada de la codificación y descodificación de los mensajes.

Una lesión en el área de Wernicke inhabilita para la correcta comprensión y producción del lenguaje, hablado o escrito.

Según Phillip Tobías, la región inferior del lóbulo parietal relacionada con el área de Wernicke está más desarrollada en los fósiles de *Homo habilis* de Olduvai que en los australopitecos, parántropos y antropomorfos. Por otra parte, el área de Broca aparece netamente expandida tanto en los representantes de *Homo habilis/Homo rudolfensis* como en los de *Homo ergaster*. El desarrollo de esta área en los primeros humanos es mucho mayor que el que presentan los australopitecos y parántropos, en los que sólo está esbozada.

Es decir, que las regiones de la corteza cerebral más directamente relacionadas con la producción del lenguaje humano ya estaban bien desarrolladas en los primeros

representantes de nuestro género. ¿Significa esto que aquellos humanos ya poseían la capacidad de hablar? Aunque ésta es la conclusión a la que llegan la mayor parte de los especialistas dedicados al estudio de los moldes endocraneales de los homínidos primitivos, existe un punto de vista contrapuesto.

En su libro *The Wisdom of the Bones* (*La sabiduría de los huesos*), Alan Walker, el principal responsable del estudio del Niño del Turkana, rechaza que este individuo, y por extensión todos los de su especie, fuera capaz de hablar. Para llegar a tal conclusión, Walker se basa en que el canal medular de las vértebras torácicas del Niño del Turkana es muy estrecho. Esta situación es la común entre los antropomorfos pero no en los humanos modernos, que tenemos un canal medular ensanchado. Como consecuencia del reducido diámetro del canal medular, Walker defiende la hipótesis de que la médula espinal del ejemplar fósil contenía menos neuronas que la de los humanos modernos, por lo que la región torácica del Niño del Turkana estaría menos inervada que la nuestra. La única explicación plausible a este hecho, según Walker, es la de aceptar que la musculatura torácica relacionada con la respiración no era capaz de realizar los precisos movimientos inspiratorios y espiratorios que requiere el habla humana. ¿Cómo explicar entonces el gran desarrollo del área de Broca que refleja la superficie endocraneal del Niño del Turkana? A partir de los resultados de las modernas técnicas de exploración de la actividad cerebral (en concreto de la conocida como PET, *positron emission tomography* o «tomografía por emisión de positrones»), que relacionan la región de la corteza cerebral circundante al área de Broca también con el manejo de la mano derecha, Walker ha propuesto que el desarrollo de esta área en los primeros humanos no fue una adaptación relacionada con el habla, sino con la talla de la piedra.

En resumen, aunque los distintos estudios sobre las áreas de la corteza cerebral de los primeros homínidos concuerdan en señalar un desarrollo mayor de las áreas vinculadas con el lenguaje (especialmente el área de Broca) en los primeros humanos que en los australopitecos, parántropos y antropomorfos, no existe acuerdo sobre su significado fisiológico. La solución a este problema puede estar en las investigaciones realizadas para establecer la anatomía del aparato fonador de los homínidos fósiles.

3. El primate atragantado

La segunda vía de investigación sobre el origen del lenguaje la constituye el estudio del conjunto de órganos responsables de la emisión de los sonidos que componen el habla humana. Aunque a primera vista pueda parecer que éste es un aspecto secundario, argumentando que las habilidades mentales necesarias para disponer de un lenguaje complejo no dependen de la capacidad fisiológica para producirlo, lo cierto es que no es posible componer una música para la que no existen instrumentos.

Los sonidos en los que se basa el lenguaje humano se producen y modulan en la serie de cavidades que constituyen el tramo superior del conducto respiratorio y reciben el nombre genérico de *tracto vocal*: la laringe, la faringe y las cavidades nasal y oral (figura 16.1).

En todos los mamíferos, excepto en las personas adultas, la laringe ocupa una posición alta en el cuello, situándose casi en la salida de la cavidad bucal. Esta posición elevada permite conectar la laringe con la cavidad nasal durante la ingestión de líquidos, que de este modo pasan desde la cavidad oral al tubo digestivo sin que la respiración tenga que ser interrumpida. En otras palabras, cualquier mamífero puede respirar por la nariz mientras bebe. Sin embargo, las personas adultas tenemos la laringe situada en una posición insólitamente baja en el cuello, lo que determina que, a pesar de nuestra condición de mamíferos, no seamos capaces de respirar mientras bebemos.

La importancia que para un mamífero tiene la capacidad de respirar por la nariz mientras bebe resulta evidente si pensamos en la lactancia. El cachorro debe poder respirar al mismo tiempo que mama para que este sistema de alimentación sea eficaz.

Para el lector perspicaz no habrá pasado desapercibido que nuestros bebés también pueden respirar por la nariz mientras maman o se beben su biberón.

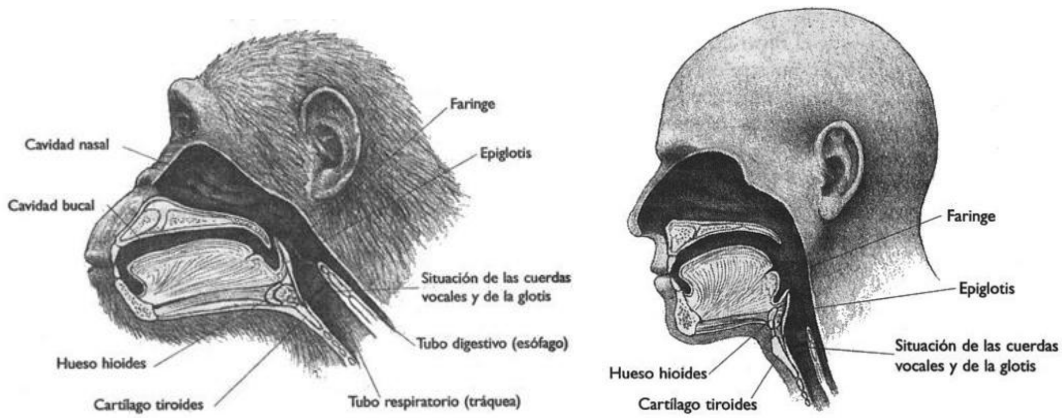


FIGURA 16.11. Sección de la cabeza de un chimpancé común y un humano, mostrando las vías aéreas superiores. En su viaje de ida hacia los pulmones el aire ingresa generalmente por la cavidad nasal. De aquí, el aire pasa a la faringe, que es un conducto común al tubo digestivo y al tubo respiratorio; es decir, que sirve de paso tanto para el aire como para el alimento y los líquidos. La faringe se continúa hacía abajo hasta el punto de separación de los tubos digestivo y respiratorio. La entrada a este último está formada por una caja cartilaginosa llamada laringe. La parte anterior de la laringe está formada por el cartílago tiroides, que forma una protuberancia en el cuello fácil de distinguir (especialmente en los varones): la « nuez» o « bocado de Adán». En la parte inferior de la laringe se sitúan dos bandas musculares recubiertas de una vaina elástica, las cuerdas vocales. El espacio que dejan entre sí las cuerdas vocales se denomina glotis. La función primaria de las cuerdas vocales es la de obturar la glotis al cerrarse, impidiendo así el paso de cuerpos extraños al tubo respiratorio. A esta función contribuye también la epiglotis, un cartílago con forma de cuchara que está situado por encima de la laringe. Cuando tragamos o bebemos, la laringe asciende para situar a la glotis debajo de la epiglotis, que bloquea, en parte, el paso del alimento y los líquidos en el tubo respiratorio. Como consecuencia del cierre de la laringe, y mientras dura esta situación, la respiración se ve interrumpida.

Su sagacidad le habrá llevado asimismo a suponer correctamente que los lactantes humanos tienen la laringe en la misma posición que el resto de los mamíferos (figura 16.2). El descenso de laringe en nuestra especie se produce hacia los dos años de vida. A partir de este momento, no sólo perdemos la facultad de respirar

mientras bebemos, sino que la insólita situación de la laringe humana hace posible la obstrucción del conducto respiratorio por el alimento, ya que la epiglotis no alcanza a obliterarlo por completo (figura 16.1). Atragantarse no es una broma, uno puede morir por ello.

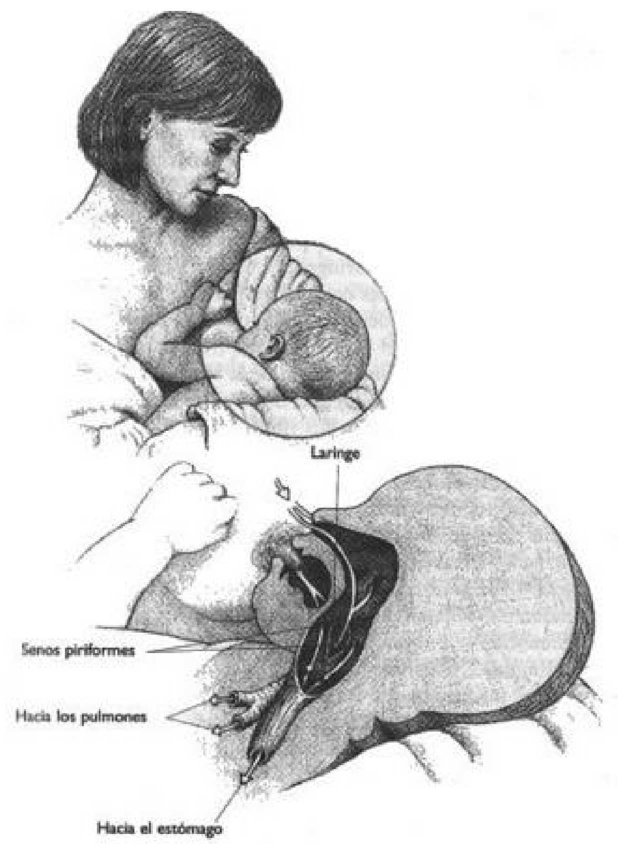


FIGURA 16.2. Sección de la cabeza de un lactante. La laringe se conecta con la cavidad nasal y el líquido pasa al tubo digestivo a través de los senos piriformes. De este modo, es posible beber y respirar al mismo tiempo. En los humanos adultos, la posición baja de la laringe impide que ésta pueda ponerse en relación directa con la cavidad nasal, por lo que la respiración ha de ser interrumpida durante la ingestión de líquidos.

Pero si nuestro tramo respiratorio superior ha perdido eficacia en este aspecto (y también para la respiración y el olfato), ¿cuál es la contrapartida? La respuesta está en la existencia en nuestra especie de una faringe más larga que la de ningún otro mamífero, que nos capacita para modular una amplia serie de sonidos diferentes.

4. La producción del habla

En contra de lo que muchas personas creen, la mayoría de los sonidos básicos que forman el habla humana no se originan directamente como tales en las cuerdas vocales. En la producción de las vocales (y también de las consonantes sonoras, pero para simplificar la explicación en adelante nos referiremos sólo a las vocales) las cuerdas participan generando (al abrirse y cerrarse con rapidez al paso de soplos periódicos de aire) un sonido «base», o *tono laríngeo*, que es siempre el mismo, independientemente de la vocal que pronunciemos.

El tono laríngeo está formado por una frecuencia principal y una serie de frecuencias «acompañantes» o armónicos. Si el conjunto de cavidades situadas por encima de la laringe (faringe, cavidad nasal y cavidad oral) no tuviera ninguna intervención en la producción de los sonidos del habla humana, el sonido que oiríamos estaría formado sobre todo por el correspondiente a la frecuencia principal del tono laríngeo; la mayor parte de sus armónicos son demasiado débiles como para percibirlos.

Sin embargo, esto no ocurre así debido al fenómeno conocido como *resonancia*, según el cual un cuerpo (resonador) puede producir vibraciones como consecuencia de la vibración de otro cuerpo cercano. Ésta es la causa de que los cristales de las ventanas vibren (resuenen) con determinados ruidos del tráfico. Ahora bien, no todos los cuerpos que actúan como resonadores reproducen las mismas vibraciones, cada tipo de resonador responde ante unas vibraciones determinadas. De manera que si hacemos pasar un sonido compuesto de varias frecuencias (como es el caso del tono laríngeo) a través de un resonador, éste reproducirá, e incluso ampliará, ciertas frecuencias pero no otras. Como resultado de este fenómeno, obtendremos un filtrado acústico en el que algunas frecuencias se habrán amplificado mientras que otras se habrán extinguido; el sonido resultante será diferente del original. Según sea el resonador que empleemos, obtendremos sonidos distintos a partir de un mismo sonido base.

Pues bien, el tracto vocal humano puede adoptar diferentes configuraciones, cada una de las cuales actúa como un resonador distinto que filtra de un modo específico el tono laríngeo producido en las cuerdas vocales, dando lugar a los distintos

sonidos vocálicos. Para realizar este filtrado deben producirse estrechamientos y ensanchamientos a determinadas distancias de la fuente de producción del tono laríngeo, tanto en la faringe como en la cavidad bucal.

Por ejemplo, para producir el sonido [a], la lengua se aplana en la cavidad bucal y se desplaza hacia atrás para estrechar la faringe. Al mismo tiempo, la laringe se eleva para acortar la distancia entre las cuerdas vocales y las zonas de estrechamiento (faringe) y ensanchamiento (cavidad bucal). La situación contraria se presenta al producir el sonido [i]. Ahora, la lengua se eleva, estrechando la cavidad bucal, y la faringe se ensancha. En el caso de la [u], tanto la cavidad bucal como la faringe se ensanchan, mientras que la parte posterior de la lengua asciende para producir un estrechamiento en la parte posterior del paladar.

Para que esta compleja gimnasia articulatoria tenga lugar es preciso que la cavidad bucal y la faringe puedan actuar como dos conductos independientes, lo que requiere que la faringe tenga una cierta longitud y que, además, esté dispuesta en ángulo respecto de la cavidad bucal. Dicho de otro modo, hace falta que la laringe esté situada en una posición baja en el cuello (figura 16.1).

Los sonidos vocálicos formados de este modo son matizados en la cavidad bucal mediante movimientos de la lengua, los labios y el paladar blando (donde está la úvula o *campanilla*), dando lugar a las consonantes. Para que la lengua alcance con rapidez y precisión los lugares adecuados para la producción de las consonantes es preciso que no sea demasiado larga. Esto es debido a que algunos de los músculos que mueven la lengua se insertan en el hueso hioides, situado en la parte inferior y posterior de la misma (figura 16.1). Cuanta más longitud tenga la lengua, más largos serán estos músculos y más lentos e imprecisos se tornarán sus movimientos.

Es fácil estimar la longitud de la lengua a partir de un cráneo fósil, ya que ésta es proporcional a la longitud del paladar óseo. Sin embargo, deducir la posición de la laringe es harina de otro costal. Como ya hemos indicado, este órgano está constituido por cartílagos y sostenido por músculos y ligamentos, ninguno de los cuales fosiliza.

5. Hablan los fósiles

Desde mediados de la década de los setenta el lingüista Phillip Lieberman y el anatomista Jeffrey Laitman han encabezado una serie de investigaciones destinadas a reconstruir la morfología del tramo superior del conducto respiratorio en los homínidos fósiles. Como resultado de sus estudios, concluyeron que una serie de rasgos de la base del cráneo podían usarse para averiguar la posición de la laringe en el cuello y así establecer las habilidades fonéticas de los homínidos fósiles. Entre estas características, la que ha gozado de un mayor crédito en la comunidad científica ha sido el grado de flexión de la base del cráneo.

Si seccionásemos un cráneo humano por su plano medio o de simetría (el que divide al cráneo en dos mitades equivalentes), encontraríamos que el perfil de su borde inferior presenta una marcada inflexión situada entre el *foramen magnum* y la parte posterior del paladar. Pues bien, los humanos recién nacidos y los antropomorfos en general tienen una base del cráneo poco flexionada. En los humanos la flexión de la base del cráneo se va acentuando durante la infancia hasta alcanzar su máximo en el estado adulto.

Puesto que los recién nacidos humanos y los antropomorfos comparten una base del cráneo poco flexionada junto con una posición elevada de la laringe, y dado que en los humanos el proceso de descenso de la laringe es acompañado por el incremento de la flexión basicraneal, parece existir una clara relación entre la posición de la laringe y el grado de flexión basicraneal.

Esta relación también se ha observado mediante la experiencia en ratas a las que se les produjo quirúrgicamente un aumento de la flexión basicraneal.

Con este argumento, Laitman y sus colaboradores han realizado diversos estudios en diferentes homínidos fósiles, llegando a una serie de conclusiones sobre sus aparatos fonadores. Según estos investigadores, en los australopitecos, parántropos y *Homo habilis* la laringe debió de ocupar una posición elevada y sus capacidades fonéticas hubieron de ser similares a las de los chimpancés.

Por el contrario, hallaron que los cráneos de Broken Hill y Steinheim (del Pleistoceno Medio de África y Europa, respectivamente) presentaban basicráneos flexionados, lo que implicaría laringes bajas y capacidades fonéticas similares a las nuestras. Respecto de los neandertales, llegaron a la conclusión de que su aparato fonador sólo les permitiría articular un limitado repertorio de vocales (entre las que no se

encontrarían la [a], la [i] ni la [u]), con lo que su lenguaje hablado sería rudimentario y lento.

Sin embargo, nosotros hemos estudiado la región de la base del cráneo en los únicos ejemplares de *Homo habilis* (OH 24) y de *Homo ergaster* (ER 3733) con el basicráneo bien conservado, obteniendo unos valores de flexión basicraneal superiores a los de los australopitecos, chimpancés y gorilas. Estos resultados sugieren que el aparato fonador del *Homo habilis* y del *Homo ergaster* ya era parecido al nuestro (si bien en el *Homo habilis* el paladar era proporcionalmente tan largo como el de los chimpancés, lo que indicaría un repertorio de consonantes más menguado), y refuerzan la hipótesis que liga el origen de nuestro género con el de la palabra; puesto que si estos primeros humanos no hablaban, es difícil de explicar, por selección natural, la posición baja de sus laringes.

Por otra parte, a muchos investigadores se les hace difícil de aceptar que los neandertales hubieran reducido su capacidad de hablar desde la condición presente en sus antecesores (caso de Steinheim).

En respuesta a estas críticas, Laitman ha propuesto que los neandertales vieron reducidas sus capacidades fonéticas como consecuencia de una adaptación más importante para su supervivencia: la adecuación de sus vías aéreas superiores a la necesidad de calentar y humedecer el frío y seco aire de las épocas glaciales; respirar es más importante que hablar. Por otra parte, Christopher Stringer y Clive Gamble, en su libro *En busca de los neandertales* aducen que los antepasados de los neandertales (Steinheim y Petralona) carecían de un lenguaje hablado como el nuestro, a pesar de tener las bases anatómicas para producirlo, debido a limitaciones psíquicas derivadas de sus relativamente pequeños cerebros.

Sin embargo, la idea de que los neandertales no eran capaces de hablar como nosotros comenzó a tambalearse cuando, a mediados de los años ochenta, el paleoantropólogo Jean-Louis Heim anunció que el cráneo del ejemplar neandertal conocido como «el Viejo», de La Chapelleaux-Saints, estaba mal reconstruido por los primeros investigadores y que la nueva reconstrucción realizada por él mostraba un mayor grado de flexión basicraneal. Extremo este que fue confirmado por David Frayer, quien midió la flexión de la nueva reconstrucción del ejemplar de La Chapelleaux-Saints y encontró que era similar a la de una serie de cráneos

medievales. Puesto que este fósil era uno de los estudiados por Laitman, sus resultados fueron puestos en entredicho.

Por otra parte, en 1989 se halló en el yacimiento israelí de Kebara un hueso hioides perteneciente a un ejemplar neandertal, que es el único publicado de un homínido fósil. Como ya hemos comentado, el hueso hioides presta inserción a la musculatura de la lengua y su posición en el cuello está muy relacionada con la propia de la laringe. El hioides de Kebara presenta una morfología y dimensiones comparables con las del hueso hioides de cualquiera de nosotros, lo que llevó al equipo de científicos que lo estudiaron, encabezados por Baruch Arensburg, a concluir que los neandertales eran anatómicamente tan capaces de hablar como los humanos modernos. Esta afirmación ha sido contestada por Lieberman y Laitman aduciendo que la morfología del hueso hioides no es un dato relevante para establecer las capacidades fonéticas de los homínidos. Desgraciadamente, en Kebara no se ha hallado ningún cráneo, por lo que no es posible comparar la morfología del hueso hioides con el grado de flexión basicraneal.

Lo cierto es que las investigaciones dedicadas a la reconstrucción del aparato fonador de los neandertales se encuentran en un punto muerto. Para unos, los estudios realizados sobre la flexión basicraneal carecen de validez porque se llevaron a cabo sobre ejemplares mal reconstruidos y prefieren conceder crédito a los resultados del análisis del hioides de Kebara. Otros niegan el valor de estos estudios y siguen manteniendo las conclusiones alcanzadas por los análisis de la flexión basicraneal de los neandertales.

La única manera de romper esta situación es la de encontrar nuevo material fósil que incluya tanto basicráneos intactos como huesos hioides. Podría parecer que un hallazgo de esta naturaleza es prácticamente imposible, puesto que debe conjugar dos hechos muy improbables como son el hallazgo de un cráneo intacto y el de un hueso hioides (sólo se conoce uno en todo el registro fósil de los homínidos, el de Kebara). Sin embargo, tal descubrimiento ha tenido lugar en fechas recientes en el yacimiento de la Sima de los Huesos de la Sierra de Atapuerca, donde hemos encontrado un cráneo con su base prácticamente completa, el Cráneo 5 (figura 12.2), así como la mayor parte de dos huesos hioides. Habrá que esperar a que se

culminen las investigaciones en curso sobre este extraordinario material fósil para conocer más datos sobre el origen del habla humana.

6. La selección de grupo y la extinción de los neandertales

En el mundo en que vivimos estamos familiarizados con la idea de que la comunicación y la información son la clave del progreso y la base de nuestro actual desarrollo tecnológico. Por eso la posesión del lenguaje articulado parece que nos da una indiscutible superioridad sobre el resto de los seres vivos en la lucha por la existencia. Pero si se reflexiona un poco es fácil comprender que la habilidad lingüística no le aprovecha de nada a un humano solitario enfrentado a la naturaleza con sus únicos medios, y que esta característica sólo tiene sentido en el interior del grupo al que necesariamente pertenece. El lenguaje no es una propiedad del individuo, sino de la colectividad. No es que un individuo se comunique bien; sería mejor decir que un grupo está bien comunicado. La capacidad para compartir y transmitir información entre individuos y entre generaciones por la vía del lenguaje confiere una gran ventaja adaptativa al grupo en su conjunto, no al individuo aislado.

Esto que nos parece obvio plantea un arduo problema en biología evolutiva, porque la teoría de la evolución por medio de la selección natural, la teoría de Darwin aceptada universalmente con más o menos matices por todos los científicos, se basa en la competencia entre individuos. Ya hemos comentado que algunos autores han planteado una versión reduccionista de la selección natural situándola a un nivel inferior al del individuo, como es el nivel de los genes. En las páginas de este libro hemos visto que la competencia se puede en ocasiones situar al nivel de los espermatozoides, también por debajo del nivel individual. El propio Darwin propuso el mecanismo de la selección sexual para explicar determinadas características de los individuos que no se pueden entender desde el punto de vista de la simple competencia por los recursos del medio y la lucha por la supervivencia; a fin de cuentas de lo que se trata es de vivir para reproducirse.

Sin embargo, la aparición de propiedades que caracterizan a los grupos, como la comunicación, plantea el problema de la selección natural a un nivel *supraindividual*, el nivel de grupo. Así, el lenguaje habría sido seleccionado porque

los grupos con un mayor nivel de comunicación interna eran más competitivos, más eficaces en la explotación de los recursos del medio y desplazaban a otros grupos. O en otras palabras, un individuo con capacidad para producir y entender el lenguaje articulado puede no ser más competitivo que otro individuo que no tiene esa facultad, pero un grupo con lenguaje lo es más que un grupo que no lo tiene.

Que existe competencia entre grupos de la misma especie es algo que se conoce desde antiguo para los mamíferos sociales, primates incluidos. Los chimpancés sin ir más lejos defienden sus territorios y a veces invaden los ajenos o son invadidos por los grupos vecinos. No sólo la comunicación serviría para dar cohesión y más eficacia a los grupos («la información es poder», se dice en nuestra sociedad), sino que los comportamientos de cooperación social («altruismo social») dentro del grupo serían importantísimos en la selección entre grupos. La cooperación social se extiende a muchos campos, como la defensa del territorio o de los recursos, la defensa contra los depredadores, la caza en grupo, prestar cuidados a crías ajenas, compartir comida...

Ahora bien, si la competencia entre grupos es fácil de entender, la cosa se complica a la hora de formular un modelo realista de selección de grupos. Porque, inevitablemente, tenemos que volver a hablar de genes. Partiendo de la base de que el comportamiento cooperativo y la capacidad, mental y fonética, para el lenguaje tienen una base genética, podemos acotar el problema considerando la existencia de un gen *para el comportamiento cooperativo* y un gen *para el lenguaje* (esperamos que el lector escrupuloso sepa perdonar esta simplificación de las bases genéticas de la conducta).

Para que la selección entre grupos pueda producirse es preciso que dentro de cada grupo haya mucha homogeneidad genética, o sea, mucha consanguinidad. Dicho más técnicamente, es necesario que la variabilidad dentro de cada grupo sea mucho menor que la variabilidad entre los diferentes grupos. Los grupos con elevadas frecuencias de los genes para el lenguaje y para la cooperación serán más competitivos que los demás; como la cooperación y la comunicación no se rigen por la ley del todo o la nada, en realidad habría que hablar de mayor o menor capacidad para lo uno y lo otro. En el caso de la cooperación social existe el problema adicional de que los individuos «egoístas» se beneficiarían del esfuerzo de los

demás sin hacer ningún gasto, y por tanto podrían resultar beneficiados por la selección natural y legar más genes a la siguiente generación, con lo que el comportamiento «altruista» no podría llegar a imponerse nunca. Una solución es que existan mecanismos de rechazo social para impedir que los «egoístas» se reproduzcan, pero entonces habría que preguntarse cómo fueron seleccionados estos mecanismos, con lo que volvemos al principio del problema.

Los chimpancés forman grupos sociales en los que los machos están emparentados, pero no las hembras, que van de un grupo a otro. Algo parecido, como vimos, puede imaginarse para los primeros homínidos. Es decir, que el grupo social no es un grupo reproductor cerrado, con lo que se pierde uniformidad genética al importarse hembras (genes en definitiva) de otros grupos, Así y todo se pueden formular modelos matemáticos que hacen viable la selección al nivel de grupo en determinadas condiciones. Pero también es posible imaginar que nuestros antepasados llegaron a formar unidades sociales mayores, que funcionaban a la vez como unidades reproductoras y competían entre sí. En todo caso, no tenemos hoy una explicación mejor que la selección de grupo para entender una de las más importantes de nuestras características: el lenguaje articulado.

Otra cuestión en la que la selección en el ámbito de grupo parece ser la única explicación viable es la del reemplazamiento de los neandertales por los humanos modernos. No parece razonable pensar que dicha sustitución se produjera por selección en el ámbito individual. Como ya hemos tenido ocasión de comentar, los neandertales eran más fuertes físicamente y su anatomía estaba mejor adaptada al clima europeo (figura 13.1), por lo que cabe pensar que eran individualmente tan aptos como los humanos modernos (si no más). Casi con toda seguridad, el éxito de nuestros antepasados radicó en alguna propiedad de grupo, pero ¿cuál? Para un buen número de autores, la ausencia de un auténtico lenguaje en los neandertales fue una de las principales causas (tal vez la principal) de su sustitución por los humanos modernos.

Sencillamente, el rudimentario lenguaje de los neandertales limitaba su complejidad social, restringiendo su capacidad de transmitir información esencial para explotar los recursos del medio. Y cuando los humanos modernos aparecieron en el

horizonte, pertrechados con su elaborado lenguaje, los neandertales fueron abocados a la extinción.

Aunque ésta de la superioridad, lingüística de los humanos modernos es una hipótesis atractiva, ya hemos visto que no acaba de encajar con los fósiles. Aparte de que no esté claro el tipo de lenguaje que tuvieron los neandertales, ya hemos comentado que éstos no fueron «arrollados» por los humanos modernos en un proceso rápido y universal, sino que la sustitución de unos por otros duró cerca de 10.000 años. Si los humanos modernos tenían una ventaja tan abrumadora en cuanto a complejidad social y explotación del medio, ¿por qué tardaron tanto en reemplazar a los neandertales?

Nuestra opinión al respecto es que lo que permitió a nuestros antepasados desplazar a los neandertales no fue la presencia de una ventaja cualitativa, del tipo del lenguaje, sino más bien de un mayor desarrollo de sus capacidades para explotar los recursos; sencillamente, tenían más de lo mismo.

7. Los renglones torcidos de la selección natural

La relación que mantuvieron entre sí los dos descubridores de la selección natural fue ejemplar.

Entre Charles Darwin y Alfred Russell Wallace nunca hubo lugar para los celos profesionales, sino que imperó entre ellos el respeto mutuo y una cálida amistad. Cuando el 26 de abril de 1882 la sociedad británica quiso reconocer la importancia del trabajo de Darwin enterrándolo en la abadía de Westminster, al lado de la tumba de *sir* Isaac Newton, Wallace estuvo entre los tres amigos íntimos que, junto a miembros de la nobleza y autoridades, transportaron el féretro de Darwin.

Sin embargo, y a pesar de su buena amistad y consideración mutua, Darwin y Wallace mantuvieron puntos de vista contrapuestos acerca del origen de algunas de las características más relevantes de nuestra especie, tales como la inteligencia y el habla. Mientras Darwin contemplaba dichos rasgos como un resultado más del proceso evolutivo regido por la selección natural, Wallace atribuía su origen a causas sobrenaturales, colocando así el origen del ser humano más allá de la acción de la selección natural.

Uno de los argumentos más profundos empleados por Darwin para probar la existencia del hecho evolutivo fue el de la existencia de «chapuzas» en los seres vivos. Si los organismos fueran el resultado de un acto directo de creación divina, sus distintas partes deberían mostrarse «como recién salidas de fábrica»; es decir, que deben ser diseños específicos para cumplir de manera eficaz una función determinada. Lo que no esperaríamos encontrar, desde luego, son órganos que aparezcan como una modificación, más o menos afortunada, de otros que cumplen una función distinta en organismos diferentes. Dicho de otro modo, lo esperable es que cada ser vivo tenga sus propias piezas, perfectamente ajustadas al desempeño de las funciones que tiene encomendadas.

La selección natural no planifica el cambio evolutivo, simplemente elige entre lo que hay. Es decir, que preserva aquellas variaciones de los órganos existentes que confieren alguna ventaja a los individuos. De este modo, un órgano puede verse modificado y acabar desempeñando una función distinta de la que tenía. En este proceso, puede ocurrir que el órgano en cuestión pierda eficacia en el desempeño de la misión original, siempre y cuando esta pérdida se vea compensada por la ventaja conferida por la nueva función.

Pero volvamos al tema de la voz humana. Cuando Wallace y Darwin disputaban sobre la naturaleza de la selección natural y su papel en el origen de los seres humanos, no se conocía la base anatómica ni los mecanismos fisiológicos del habla. Hoy comprendemos que esta cualidad humana está basada en la posición baja de nuestra laringe, que a su vez es debida a una modificación del modelo de vías respiratorias superiores que es común en el resto de los mamíferos. También sabemos que esta peculiar posición de la laringe restringe nuestra capacidad de tragar líquidos y respirar al mismo tiempo, y que es la responsable de un fenómeno tan desagradable, y peligroso, como es el atragantamiento. Sin embargo, estos inconvenientes los consideramos como minucias al lado de la gran ventaja que supone el disponer de un mecanismo que nos permite modular los sonidos que están en la base de nuestro lenguaje; sin duda, el saldo es muy ventajoso. De este modo, en la anatomía de nuestro aparato fonador puede reconocerse la huella de la selección natural y el rastro de la historia evolutiva de nuestra especie.

Darwin puede descansar tranquilo al lado de Newton; una vez más, tenía razón.

Capítulo 17
El sentido de la evolución

Hasta esta noche, pensabas que la vida era absurda. En lo sucesivo sabrás que es misteriosa.

ERIC-EMMANUEL SCHMITT, *El visitante*.

Contenido:

1. La moviola de la vida

Para explicar que no somos el resultado necesario de la evolución sino una mera circunstancia, Stephen Jay Gould afirma en su libro *Vida maravillosa* que si la cinta de la vida se rebobinara y se volviera a empezar otra vez desde el principio, el planeta Tierra estaría ahora poblado por una variedad completamente diferente de formas de vida, entre las que no nos encontraríamos nosotros.

Por supuesto que es imposible realizar tal experimento volviendo al principio de la vida.

Aunque, en cierto modo, se ha llevado ya a cabo de manera natural. Los monos platirrinos, por ejemplo, no han evolucionado en América hacia formas de inteligencia comparable a la nuestra.

Se ve que ellos no experimentaban ningún «impulso» que los empujara hacia el «progreso» o la «perfección» (lo mismo se podría decir de los marsupiales en Australia y otros casos similares de evolución en condiciones de aislamiento geográfico).

De todos modos podemos jugar al juego que propone Gould de otra manera. Si suponemos que la evolución se dirige o tiende de forma espontánea hacia formas de vida cada vez más «elevadas» o más complejas, esperaremos que el registro fósil refleje una Historia de la Vida en la que, en razón de su manifiesta superioridad, formas progresivamente más complejas se van imponiendo a las demás hasta la llegada del hombre.

Pero a la hora de realizar semejante análisis surge el problema de cómo medir la complejidad, para establecer así una escala que se pueda aplicar a las especies vivientes o a las fósiles, y poder decir: ésta es una especie de grado 3 o de grado 7 de complejidad (tal vez el lector piense que la nuestra será la única de grado 10). Reconozcamos que se trata de un problema de difícil solución.

George Gaylord Simpson, uno de los más grandes paleontólogos del siglo XX, publicó un libro muy influyente en 1949 titulado *Meaning of Evolution* (*El significado de la evolución*), en el que concluía que la evolución no tenía propósito. Entre otros temas, Simpson analizaba en un capítulo titulado «El progreso en la evolución» la cuestión de si se había producido en la Historia de la Vida un aumento de la complejidad. Para este sabio estaba claro que, respecto de las primeras formas de vida unicelulares (organismos de una sola célula), se produjo un aumento de la complejidad cuando aparecieron los organismos pluricelulares (constituidos por muchas células).

Según Simpson, un segundo paso hacia una mayor complejidad se dio cuando surgieron los diferentes grandes tipos de seres pluricelulares (conocidos técnicamente como *filum* en singular y *fila* en plural); ahora bien, este progreso se habría producido en múltiples direcciones, y no en una sola línea privilegiada. A partir de este punto, resulta imposible comparar complejidades dentro de cada una de las líneas. Simpson, que era especialista en paleontología de vertebrados, escribía que hacía falta mucho valor para tratar de probar que un ser humano es más complejo que un ostracodermo (un tipo de vertebrados acuáticos con forma de pez que aparecieron hace más de 400 m.a.).

A todo esto todavía no hemos definido qué es la complejidad, tarea nada fácil (el lector también puede probar). Una manera moderna de hacerlo sería la de utilizar el concepto de complejidad que se aplica a los sistemas. Un *sistema* es un conjunto de elementos que interaccionan entre sí dando lugar a las propiedades del sistema, y cuantos más elementos distintos tenga más posibilidades diferentes de interacción existirán, con lo que el sistema será más rico en funciones, o más complejo en el sentido de menos previsible, menos rígido, más variable y más adaptable también.

Los organismos pluricelulares son *sistemas autorregulados* compuestos de células diferenciadas que forman tejidos y órganos; éstos a su vez se organizan en

sistemas: respiratorio, digestivo, reproductor, excretor, circulatorio o nervioso. Esta idea de la complejidad de los sistemas puede aplicarse para comparar organismos de grupos muy diferentes, como los mamíferos con las esponjas o las medusas; estas últimas son claramente formas de organización mucho más simple que los mamíferos, con menos elementos diferenciados; podemos considerarlas sistemas biológicos relativamente poco complejos. Sin embargo, ¿quién se atrevería a comparar la complejidad de un murciélago con la de un león?

Incluso si se comparan los organismos por el número de genes que se expresan (es decir, que se traducen en proteínas), nos encontramos con que los protozoos tienen más que las bacterias, los invertebrados más que los protozoos, y los vertebrados más que los invertebrados; sin embargo, dentro de los vertebrados es imposible establecer categorías.

Éste de la complejidad es, pues, un auténtico nudo gordiano, y sólo hay una forma de deshacerlo: de un tajo. Podemos partir de la base de que la nuestra es, por definición, la especie más compleja de todas. Ahora bien, si se nos compara con el resto de los primates, o de los mamíferos, ¿dónde reside nuestra superior complejidad? Los humanos sólo podemos considerarnos más complejos en uno de nuestros sistemas, el sistema nervioso central, y tendrá que ser éste quien nos otorgue finalmente la victoria en la competición por el primer puesto en la escala de la complejidad. Según este razonamiento, que pone al hombre como medida de todas las cosas, queda claro que cuanto más próxima en la evolución esté una especie al *Homo sapiens*, cuanto más grande sea su parecido y su parentesco, mayor será su grado de complejidad. De este modo, los mamíferos serían los animales más complejos de la Historia de la Vida, y dentro de los mamíferos, los primates, y entre ellos, los gorilas y chimpancés, de los que sólo nos separa aproximadamente el 1% de nuestros genes.

No vamos a poner aquí en entredicho este sospechoso sistema de medir el grado de complejidad de los seres vivientes utilizando a nuestra especie como patrón. Sea, si así lo quiere el lector. Lo que se puede discutir es si esa supuesta mayor complejidad constituye una ventaja evolutiva que conduce hacia el triunfo (progresivo, lineal e inexorable) de los más complejos, que se impondrán siempre en la lucha por la existencia sobre los organismos más sencillos hasta el

advenimiento del ser más complejo de todos, el ser humano. Veamos qué dice el registro fósil al respecto.

Los mamíferos son el grupo de vertebrados al que pertenecemos, y en consecuencia es considerado por unanimidad como el más «avanzado» de todos, muy por encima de anfibios, reptiles o aves. Por ello cabría pensar que desde que aparecimos los mamíferos nos impusimos a los demás vertebrados terrestres. Muchas personas tienen la vaga idea de que los mamíferos surgieron en un mundo dominado por los dinosaurios a los que finalmente consiguieron derrotar gracias a su superioridad.

Sin embargo, el registro fósil nos indica todo lo contrario. Los antepasados directos de los mamíferos, unos reptiles llamados *terápsidos* (tan parecidos ya a los verdaderos mamíferos posteriores que han sido llamados «reptiles mamiferoides»), eran los que dominaban los ecosistemas terrestres a comienzos del Mesozoico (la Era Secundaria). Normal, podría pensarse,

eran superiores a los demás reptiles. Sin embargo, en un momento determinado, hace 200 m.a. en números redondos, los terápsidos empezaron a declinar y los ecosistemas terrestres vieron su gradual sustitución por los dinosaurios (más tarde, de un grupo de dinosaurios surgirían las aves, verdaderos «dinosaurios vivientes»).

Si el término «superior» puede ser aplicado en biología evolutiva a algún grupo, en este caso tendría que ser a los dinosaurios. Los terápsidos se extinguieron finalmente; y aunque algunos dieron lugar a los primeros mamíferos, éstos no sólo no se impusieron sobre los reptiles, sino que llevaron una existencia muy discreta durante el resto del Mesozoico (sin excepción, todos los mamíferos eran de pequeño tamaño). Hasta que el impacto de un meteorito, no la superioridad de los mamíferos, acabó con los dinosaurios hace 65 m.a. De no haber sido por ese meteorito «providencial», la evolución de los vertebrados terrestres habría sido sin duda muy diferente (algunos autores opinan que la extinción de los dinosaurios tal vez se debiera a los efectos en la atmósfera de una serie de grandes erupciones volcánicas; para el razonamiento que seguimos aquí lo importante es que los dinosaurios desaparecieron por una causa no biológica, y es irrelevante que ésta sea un meteorito, un fenómeno de volcanismo o cualquier otra catástrofe geológica).

Veamos ahora otro caso sacado de las páginas del registro fósil, esta vez todavía más próximo a nosotros. Como se ha comentado en este libro, dentro de los primates pertenecemos a un grupo, el de los hominoideos, que incluye una serie de especies, los antropomorfos, con los que compartimos muchos rasgos y, a decir verdad, muchos genes. De hecho, también son los primates que tienen un cerebro más desarrollado. Siendo éstos los mamíferos más parecidos a nosotros cabría esperar que su superioridad los hubiera llevado a imponerse al menos sobre los demás monos desde el mismo momento de su aparición. Recordemos que los hominoideos se originaron en África hace al menos 23 m.a. y, a partir del momento en que estos primates pudieron salir de África (hace unos 17 m.a.) para poblar también Europa y Asia, se convirtieron en el grupo de primates con más éxito evolutivo, diversificándose en un gran número de especies que habitaban el ancho cinturón de selvas que se extendía por gran parte del Viejo Mundo. Parece lógico, se trataba de los primates más inteligentes y su éxito anunciaba el glorioso futuro que le esperaba al ser humano.

Una vez más, el registro fósil nos dice todo lo contrario de lo que parece «lógico». Hace entre unos 8 y 7 m.a., los hominoideos dejaron de ser los «reyes de la creación». Un gran cambio ecológico hizo desaparecer su paraíso. Factores astronómicos, movimientos de masas continentales y levantamientos de cadenas montañosas modificaron el clima y la composición de la atmósfera, haciendo que su hábitat se deteriorara en gran parte de su otrora enorme extensión.

El bosque dio paso a los ecosistemas más abiertos.

Pero no sólo el cambio en la vegetación redujo su espacio vital, sino que otros primates, los cercopitecoideos, se hicieron más numerosos y variados que ellos. En términos militares, los antropomorfos: se baten en retirada. En la actualidad han quedado reducidos a dos especies de chimpancés y al gorila en África, al orangután en Sumatra y Borneo, y los gibones en el sudeste del Asia continental e insular. No deja de ser significativo que sea el pequeño gibón, el hominoideo más alejado de los humanos, el más afortunado en diversidad y abundancia. Pese a la presión humana, aún sobreviven varios millones de gibones repartidos en nueve especies.

Pero hace unos 506 m.a., en algún lugar de África, posiblemente en su parte más oriental, empezó a diferenciarse un tipo particular de hominoideo: el primer

homínido, nuestro más antiguo antepasado. Al principio no era apenas distinto de los antepasados de los actuales chimpancés y gorilas. Podría ser considerado como la versión africana oriental del mismo grupo. Más tarde, hace al menos 4 m.a., este tipo de hominoideo presentaba una característica singular, nunca antes vista. No, no era un hominoideo más inteligente que los demás. Era un hominoideo bípedo.

Andando el tiempo, los hominoideos bípedos se fueron adaptando a los ecosistemas cada vez más secos de gran parte de África. Para ello desarrollaron especializaciones en la dentición. Ya vimos en su momento que es difícil medir la inteligencia de las especies fósiles (e incluso de las vivientes), pero utilizando el índice de encefalización es probable que los organismos más encefalizados hace 3 m.a. fueran los delfines, no los homínidos.

Hace unos 2,5 m.a. los homínidos se habían diversificado en dos líneas evolutivas diferentes.

Una de ellas, la de los parántropos, se especializó en un aparato masticador hipertrofiado. En la otra estaban los primeros representantes del género Homo, los primeros humanos, con un cerebro algo mayor. Sólo a partir de este momento, los homínidos son únicos entre los seres vivientes por su mayor complejidad cerebral. Estos humanos fabricaron los primeros instrumentos de piedra.

Los parántropos se extinguieron después, y los humanos posteriores modificaron su estructura corporal, aumentaron su cerebro y perfeccionaron su tecnología. Pero ni siquiera desde que apareció la inteligencia en la biosfera la evolución humana ha seguido un camino único, una línea recta que conduce hasta nosotros. Por el contrario, hasta hace pocos miles de años han existido varias especies humanas inteligentes sobre la faz de la Tierra. El que ahora sólo exista la nuestra nos da una falsa perspectiva de que siempre ha sido así, de que nuestros antepasados se han sucedido unos a otros en una secuencia ordenada, en una escalera por la que hemos ido ascendiendo peldaño a peldaño.

En resumen, ni la historia evolutiva de los mamíferos, ni la de los hominoideos, refleja un patrón de aparición y progresivo dominio sobre las demás criaturas gracias a sus superiores características, especialmente su inteligencia. Por el contrario, el registro fósil nos muestra en ambos casos una historia de aparición y posterior diversificación, seguida de la casi completa extinción y resurgimiento final;

en el caso de los mamíferos gracias a un acontecimiento favorable de origen extraplanetario (o a alguna catástrofe geológica), y en el caso de los hominoideos, resurgimiento sólo parcial y debido a la adaptación de una de sus formas, los homínidos, a un modo de vida completamente nuevo para los primates, la vida en los medios abiertos, sin que la complejidad cerebral tenga nada que ver en esta adaptación.

¿Qué quiere decir todo esto? Sencillamente, que si no hubiera sido por una serie de acontecimientos ajenos a la biología, como la llegada, a la Tierra de un meteorito, el levantamiento de cadenas montañosas, grandes movimientos de continentes y otros de menor escala, no estaríamos ahora aquí haciendo filosofía.

Dicho de otro modo, un biólogo extraterrestre habría predicho al comienzo del Mesozoico un gran éxito evolutivo para los «reptiles mamiferoides» y sus descendientes, y se habría equivocado (por cierto que en esta oportunidad la derrota de los reptiles mamiferoides se produjo sin necesidad de catástrofe alguna; los dinosaurios «jugaron limpio» y batieron a nuestros antepasados en pura competencia ecológica).

Otro biólogo alienígena que presenciara la vida en la Tierra algunos millones de años después habría pronosticado un gran futuro a los dinosaurios, y se habría equivocado también. Un tercer visitante habría dicho hace diez millones de años que los hominoideos reinarían para siempre en los bosques del Viejo Mundo, errando por completo.

Si la visita se hubiera producido hace seis millones de años el viajero del espacio estaría convencido de que la ruina de todo el grupo de los hominoideos era inminente. ¿Cómo habría podido saber el biólogo extraterrestre, que el cambio ecológico que tanto perjudicaba a los hominoideos iba a propiciar la aparición de un tipo de hominoideo bípedo que más adelante daría lugar a una especie, la nuestra, que poblaría el mundo y terminaría produciendo, también ella, biólogos? Incluso hace tan sólo 60.000 años, cuando los neandertales se extendían por toda Europa, Asia central y Oriente Próximo, ¿quién podría haber pronosticado que los humanos modernos, nuestros antepasados, saldrían del continente africano y serían la causa de la extinción de los neandertales algunos miles de años después? Y ahora que

empezamos a saber cómo han ocurrido las cosas en el pasado, ¿quién se atreverá a vaticinar el futuro de la biosfera?

Pero lo realmente trascendente no es la posibilidad de anticiparnos al futuro. Esto sólo es una curiosidad, una anécdota. Lo importante es que nuestra capacidad de predicción es la medida de nuestro conocimiento del funcionamiento del proceso evolutivo. ¿Pero en verdad este conocimiento depende sólo de nosotros? Si la evolución siguiera unas tendencias o trayectorias a lo largo del tiempo podríamos, prolongándolas hacia el futuro, predecirlo. Como la única tendencia que parece seguir la evolución es la de adaptarse de muchas maneras diferentes a las cambiantes circunstancias del medio, la pregunta de hacia dónde van las especies quedará necesariamente sin respuesta.

Esta imprevisibilidad de la evolución indica que nada está escrito de antemano, que todo es posible. Muestra que el grupo biológico más floreciente puede extinguirse a causa de cambios en el medio físico o por culpa de la competencia con otros grupos de organismos. Ninguna forma de vida puede considerarse superior a las demás, porque ninguna está a salvo de la hecatombe.

Ahora bien, que la evolución sea imprevisible, ¿quiere decir que está gobernada por el ciego azar, que no hay leyes, que todo es caos, que nada se puede explicar? ¿Es razonable admitir que el desorden (el no-orden) haya producido tanta maravilla biológica? ¿Puede el ruido dar lugar por casualidad a una sinfonía?

En el núcleo mismo de la evolución hay caos puro. La selección natural opera sobre las variantes genéticas que surgen sin relación alguna con las actividades de los organismos o sus necesidades. La mutación, generadora de variación, es un proceso estocástico (regido por el azar).

Sin embargo, una vez que una variante se ha producido, que se conserve y difunda o que sea eliminada y desaparezca no depende de la casualidad; en la compleja interrelación que un organismo mantiene con los demás y con el medio físico, determinadas variantes confieren a sus portadores una capacidad mayor para sobrevivir y reproducirse, mientras que otras la reducen, y serán únicamente las primeras las llamadas a perpetuarse. La selección natural es un proceso determinístico.

Pero a más largo plazo, no a la escala individual de los organismos sino a la de las especies y los grupos de especies, ¿hay azar o hay leyes? Para la física tradicional, incluida la de Newton y las más modernas física cuántica y relativista, el conocimiento completo garantiza la certidumbre, y la imprevisibilidad es consecuencia únicamente de nuestra ignorancia. Sin embargo, la moderna teoría del caos predica que puede haber orden, es decir, leyes que podemos conocer, en el interior de un sistema dinámico, y que, sin embargo, su comportamiento futuro puede ser impredecible.

Veamos cómo puede entenderse esta aparente paradoja.

2. Organización y caos

Hoy en día tememos que las actividades agrícolas, ganaderas o industriales de la humanidad puedan destruir el equilibrio ecológico, generalmente haciendo que desaparezcan especies, por muy bien adaptadas que estén. La introducción de animales, plantas u otros organismos de una región en otra (como los conejos en Australia) también puede tener efectos catastróficos para el equilibrio ecológico. Asimismo, nos preocupan los efectos en la biosfera del cambio climático inducido por la emisión de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, y por la destrucción de la capa de ozono. Todos somos cada vez más conscientes de que los ecosistemas, siempre en frágil equilibrio, se componen de numerosas especies con una larga historia detrás.

Pero, de una manera natural, todas estas cosas que nos preocupan (con razón) han ocurrido muchas veces en el pasado. Los continentes y mares no han tenido siempre la distribución que tienen ahora, y las diferentes regiones donde se desarrolla la vida se han separado y puesto en contacto de muchas formas distintas, dando lugar a numerosos intercambios de especies en los que algunas han resultado favorecidas y otras perjudicadas. Los cambios climáticos han sido frecuentes en la Historia de la Vida y su impacto en los ecosistemas muy fuerte (no hay más que recordar la alternancia entre glaciaciones y períodos interglaciales como el que ahora vivimos, que no durará siempre); también la composición de la atmósfera ha variado.

Finalmente, aunque el medio físico permaneciera inmutable, la aparición por evolución de especies nuevas introduce un factor fundamental de inestabilidad en los ecosistemas, y hace que éstos siempre estén cambiando. Los organismos presentan adaptaciones, conseguidas a lo largo de su evolución, que tienen sentido sólo en relación con los nichos ecológicos que las especies ocupan. En una comunidad todas las poblaciones están relacionadas entre sí por intrincadas redes a través de las cuales fluye la energía y la materia. En el caso de un primate, por ejemplo, cualquier cambio en los vegetales de los que se alimenta o en los animales que consume, en los depredadores de los que es presa, en los competidores, o en sus parásitos, tendrá consecuencias imprevisibles para la supervivencia de la especie, que se verá obligada a evolucionar a su vez, adaptándose a las nuevas circunstancias.

En otras palabras, la biosfera es un macrosistema enormemente complejo, constituido por muchos elementos diferentes que se auto organizan según una jerarquía de niveles (célula, tejido, órgano, sistema, individuo, grupo familiar, grupo social, población, comunidad, ecosistema), e interaccionan de muchas formas diferentes a todos los niveles. Este tipo de sistemas presenta grandes dificultades para identificar sus leyes básicas de funcionamiento, incluso cuando los elementos constituyentes son siempre los mismos. Sin embargo, y para complicar más las cosas, la evolución de las especies hace que la biosfera sea un macrosistema inestable, muy alejado del equilibrio, que no ha permanecido estático jamás, y cuya composición (las especies y por ende sus diversas interacciones) ha cambiado a lo largo del tiempo.

De todo esto se desprende que la evolución de las especies está sometida a la influencia de tal cantidad de factores que en la práctica su futuro es imprevisible. Esto no quiere decir que la evolución dependa del puro azar (en el sentido vulgar de caos incomprensible). Por el contrario, se puede entender, aunque eso sí a posteriori, como el tiempo meteorológico. En cierto modo se puede aplicar aquí el conocido ejemplo de la teoría del caos denominado «efecto mariposa»: el batir de las alas de una mariposa en Pekín puede hacer que llueva en Nueva York (y no digamos si el delicado movimiento de las alas del insecto se sustituye por un

meteorito de varios kilómetros de diámetro viajando hacia la Tierra a toda velocidad).

¿Pero se trata sólo de una cuestión técnica? ¿Nuestra incertidumbre se debe sólo a la complejidad del problema? La teoría del caos llegaría más lejos, hasta afirmar que aunque conociéramos todos esos factores e interacciones al detalle, el futuro no se puede conocer, simplemente porque no está dado. Es el fin de las certidumbres, que son sustituidas por probabilidades.

Cuenta Konrad Lorenz en su libro *Sobre la agresión*: el pretendido mal, que Alfred Kühn terminó una conferencia citando estas palabras de Goethe: «La mayor dicha del hombre que piensa es haber explorado lo explorable y haber reverenciado tranquilamente lo inexplorable». Al momento estallaron los aplausos del público, y Kühn alzó su voz para exclamar: «No, señores.

Tranquilamente no. Nunca tranquilamente». ¿Debemos nosotros dar por concluidas en este punto las investigaciones sobre la naturaleza de la evolución? ¿Está ya todo dicho?

Nosotros pensamos, por el contrario, que queda mucho trabajo por hacer. La física de Newton nos habla de trayectorias que pueden ser expresadas por medio de ecuaciones. Conocidas las condiciones iniciales, tales trayectorias son predecibles y reversibles, como un péndulo, ahora aquí y luego allí. En esas ecuaciones el tiempo no existe, es sólo una ilusión donde el futuro y el pasado se dan la mano. La física cuántica sólo sustituye las trayectorias por las funciones de onda, pero la simetría con respecto al tiempo no cambia. La evolución biológica por el contrario es un proceso irreversible, que se despliega en el tiempo, que nos sorprende a cada instante, que no sigue trayectorias (tendencias). ¿Cómo hacer conciliables a la física y la biología? Si la teoría del caos está en lo cierto, hay, como dice Ilya Prigogine (premio Nobel de Química de 1977) en su libro *El fin de las certidumbres*, una estrecha senda entre dos concepciones del mundo igualmente alienantes: la de un mundo determinista regido por leyes inmutables que no dejan ningún resquicio para la novedad (y donde la mayor de todas, la evolución, no sería posible), y la de «un mundo absurdo, sin causas, donde nada puede ser previsto ni descrito en términos generales», sometido al puro azar. Corresponde a los Darwin del presente o del futuro recorrer esa estrecha senda.

Epílogo

Los organismos vivientes han existido sobre la Tierra, sin saber nunca por qué, durante más de tres mil millones de años, antes de que la verdad, al fin, fuese comprendida por uno de ellos. Por un hombre llamado Charles Darwin.

RICHARD DAWKINS, *El gen egoísta*.

Contenido:

1 .La Historia Interminable

Cuenta Fernando Trueba en su *Diccionario de cine* que el famoso director francés François Truffaut afirmaba que «cuando iba al cine y veía a unos personajes construyendo un túnel durante una hora y media y al final de la película el túnel no servía para nada, creía que debían devolverle el precio de la entrada». Ya que no podemos devolverle lo que ha pagado por el libro, nosotros tampoco queremos dejar al lector con la desagradable impresión de que más de 3000 millones de años de evolución no han servido para nada, y de que sólo somos una especie cualquiera. Porque además no es cierto.

En su famoso libro, ya comentado, *El significado de la evolución*, George Gaylord Simpson, después de explicar que la evolución no tiene propósito, se rebela contra la afirmación de que por esa razón el hombre es «sólo un animal». De entrada, para él ninguna especie animal es «sólo un animal», porque todas tienen sus propias singularidades que no comparten con ninguna otra especie. Pero la nuestra es excepcional en muchos aspectos muy importantes. Somos la especie más inteligente, que gracias a su inteligencia (se defina como se defina) ha sido capaz de ocupar todas las tierras del globo y desarrollar una tecnología, para lo bueno y para lo malo, para curar y para matar, pero que en todo caso puede modificar drásticamente su entorno y hasta la biosfera entera.

Eórs Szathmáry y John Maynard Smith establecen en la *Historia de la Vida* una serie de grandes transiciones. Vale la pena echar una ojeada a esos momentos estelares de la evolución para valorar la auténtica dimensión de nuestra aparición en la Biosfera.

La primera transición consistió en el paso de *moléculas libres* o «replicantes», capaces de autorreplicarse, a poblaciones de «replicantes» encerrados en un mismo contenedor.

La segunda gran transición consistiría en la asociación de los «replicantes» en cromosomas.

La tercera es el cambio en la composición de la *molécula de la herencia*, que pasa de ser ARN (ácido ribonucleico) a ser ADN (ácido desoxirribonucleico). El ADN contiene la información genética y el ARN funciona como intermediario en la síntesis de proteínas. Con el ADN aparece el código genético que comparten todos los seres vivientes (por lo que estos tres pasos son hipotéticos y en realidad pertenecen más bien a la Prehistoria de la Vida tal y como la conocemos hoy).

La cuarta transición llevaría desde los organismos llamados *procariontes o procariotas* (las bacterias y las algas verdeazuladas o cianobacterias) a los primeros organismos *eucariontes* o *eucariotas*. Ésta es la categoría a la que pertenecemos nosotros, y se caracteriza porque las células tienen núcleo y una serie de orgánulos como los cloroplastos y las mitocondrias. Muchos

autores consideran que los orgánulos son antiguos procariontes que se han integrado en la célula eucarionte; así, las mitocondrias contienen pequeñas moléculas circulares de ADN, semejantes a las de las bacterias.

La quinta gran transición se produjo al pasarse de organismos que se reproducen asexualmente («autoclonándose») a organismos con reproducción sexual.

La sexta transición, el siguiente paso, condujo desde los organismos del *reino de los protistas* (todos unicelulares y eucariontes) a los organismos *multicelulares*, formados por muchas células (también eucariontes); este paso se habría producido al menos tres veces de forma independiente, dando lugar a los reinos Animal y Vegetal y al *reino de los hongos* (aparte de estos cuatro *reinos* existe el ya citado *reino de los procariontes* , que algunos dividen a su vez en otros dos: el de las bacterias «normales» o *reino de las eubacterias*, y el de unos procariontes que

viven en ambientes extremos, que formarían el *reino de las arquibacterias*). Estas seis grandes transiciones se produjeron en diferentes momentos, pero todas hace mucho tiempo, ya que los organismos multicelulares existían hace *680* m.a.

En la séptima transición se pasó de organismos solitarios a organismos coloniales que incluyen categorías de individuos no reproductores, por ejemplo, las sociedades de castas de los insectos.

Muchas de estas transiciones tienen algunos perfiles comunes que son muy interesantes. En esencia, consisten en que elementos que viven y se reproducen aisladamente pierden parte de su independencia y se unen para formar entidades superiores (y ya no pueden reproducirse solos): el replicante se integra en el contenedor primero y luego en el cromosoma; los antiguos procariontes de vida libre se asocian en la célula eucarionte; el protista se convierte en una célula del organismo pluricelular; el individuo sólo puede vivir en la colonia, que es la que asegura la pervivencia de los genes compartidos por los individuos; con la reproducción sexual todo organismo depende de otro para perpetuarse, y por eso necesita pertenecer a una población.

Además, varias de estas transiciones se caracterizan también por la especialización y división del trabajo entre los elementos que se han aliado: los distintos genes codifican para diferentes proteínas; los orgánulos celulares tienen diferentes funciones; las diferentes células de un organismo multicelular forman tejidos muy diferenciados; cada casta tiene su propia función en la colonia.

Puesto que no pertenecemos a ninguna especie de insecto social podríamos pensar que lo más importante de la evolución que condujo hasta nosotros estaba ya hecho hace al menos 68o m.a., y que desde entonces no ha ocurrido nada realmente importante. Para Eórs Szathmáry y John Maynard Smith no hay nada más lejos de la verdad.

La octava gran transición tuvo lugar hace muy poco tiempo, y consistió en el paso de las sociedades de primates a las sociedades humanas, con la aparición del *lenguaje articulado* como un sistema único, revolucionario y potentísimo de transmisión de información (que entre otras cosas ha hecho posible escribir este libro con un alfabeto de veintiocho letras). Tanta espera había, después de todo, valido la pena. Aunque en el aspecto genético somos unos primates muy próximos a

los chimpancés y un producto de la evolución, constituimos un tipo de organismo radicalmente diferente de todos los demás. Somos los únicos seres que se preguntan por el significado de su propia existencia.

Pero no nos dejemos ahora llevar por un exceso de triunfalismo, porque también es cierto que desde los comienzos de las ideas científicas entre los griegos se han hecho muchos esfuerzos por situar a nuestra especie de espaldas a la naturaleza o, peor aún, por encima de ella. De aquí proceden algunos de los grandes problemas que aquejan a la humanidad en el momento presente.

Sólo a partir de Darwin se ha comprendido que no somos la *especie elegida*, sino como dice Robert Foley, una *especie única* entre otras muchas especies únicas, aunque eso sí, maravillosamente inteligente.

Y no deja de ser paradójico que tantos siglos de ciencia nos hayan llevado a saber algo que cualquier bosquimano del Kalahari, cualquier aborigen australiano, o cualquiera de nuestros antepasados que pintaron los bisontes de Altamira conocía de sobra: que la Tierra no pertenece al hombre, sino que el hombre pertenece a la Tierra.

Bibliografía

Al margen de los libros mencionados en el texto, hemos creído útil proporcionar una breve relación de algunos de los principales títulos recientes que pueden resultar interesantes para el lector que desee profundizar en la evolución humana; se ha optado por la edición española cuando la hay. Inevitablemente se habrán producido omisiones de obras importantes, aunque hemos intentado que, si no están todas las que son, al menos sean todas las que están.

- Aguirre, E. (ed.), *Paleontología humana*, Barcelona, Libros de Investigación y Ciencia, Prensa Científica, 1988.
- Aiello, L., y Dean, C., *An Introduction to Human Evolutionary Anatomy*, San Diego, Academic Press, 1990.
- Ayala, E J., *Origen y evolución del hombre*, Madrid, Alianza Editorial, 1980.
- Bermúdez de Castro, J. M., Arsuaga, J. L., y Carbonell, E. (eds.), *Evolución humana en Europa y los yacimientos de la sierra de Atapuerca*, Valladolid, Junta de Castilla y León, Consejería de Cultura y Turismo, 1992.
- Bertranpetit, J. (ed.), *Orígenes del hombre moderno*, Libros de Investigación y Ciencia, Barcelona, Prensa Científica, 1993.
- Bowler, P., *Theories of Human Evolution*, Oxford, Blackwell, 1986.
- Brain, C., *The Hunters or the Hunted?*, Chicago, University of Chicago Press, 1981.
- Conroy, G., *Primate Evolution*, Nueva York, W. W. Norton, 1990.
- Day, M., *Guide to Fossil Man*, Londres, Cassell, 1986.
- Fleagle, J., *Primate Adaptation and Evolution*, San Diego, Academic Press, 1988.
- Foley, R., *Another Unique Species*, Harlow, Longman, 1987.
- Fossey, D., *Gorilas en la niebla*, Barcelona, Salvat, 1985.
- Goodall, J., *En la senda del hombre*, Barcelona, Salvat, 1986. —, *A través de la ventana*, Barcelona, Salvat, 1993.
- Johanson, D., y Edey, M., *El primer antepasado del hombre*, Barcelona, Planeta, 1982.

- Johanson, D., y Edgar, B., *From Lucy to Language*, Nueva York, Simon & Schuster, 1996.
- Johanson, D., y Shreeve, J., *Lucy's Child*, Nueva York, Morrow, 1989.
- Jones, S., Martin, y R., Pilbeam, D. (eds.), *The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 1992.
- Klein, R., *The Human Career*, Chicago, University of Chicago Press, 1989.
- Landau, M., *Narratives of Human Evolution*, New Haven, Yale University Press, 1991.
- Leakey, R., *La formación de la humanidad*, Barcelona, Serbal, 1981.
- Leakey, R., y Lewin, R., *Nuestros orígenes*, Barcelona, Crítica, 1994.
- Gros Clark, W., *The Antecedents of Man*, Chicago, Quadrangle, 1969.
- Lewin, R., *La interpretación de los fósiles*, Barcelona, Planeta, 1989. —, *Evolución humana*, Barcelona, Salvat, 1994.
- Martin, R., *Primate origins and Evolution*, Londres, Chapman & Hall, 1990.
- Napier, J., y Napier, P., *The Natural History of the Primates*, Londres, British Museum (Natural History), 1985.
- Reader, J., *Eslabones perdidos*, México, Fondo Educativo Interamericano, 1982.
- Rightmire, G., *The Evolution of* Homo erectus, Cambridge, Cambridge University Press, 1990.
- Savage-Rumbaugh, S., y Lewin, R., *From Kanzi: the Ape at the Brink of the Human Mind*, Nueva York, John Wiley, 1994.
- Schultz, A., *Primates*, Barcelona, Destino, 1979.
- Stringer, C., y Gamble, C., *En busca de los neandertales*, Barcelona, Crítica, 1996.
- Stringer, C., y McKie, R., *African Exodus*, Londres, Jonatham Cape, 1996.
- *Szalay, F., y Delson, E.,* Evolutionary History of the Primates, *Nueva* York, Academic Press, 1979.
- Tattersall, I., *The Fossil Trail*, Nueva York, Oxford University Press, 1995. —, *The Last Neandertal*, Nueva York, Macmillan, 1995. Delson, E., y Van Couvering, J. (eds.), *Encyclopedia of Human Evolution and Prehistory*, Nueva York, Garland, 1988.

- Trinkaus, E., y Shipman, P., *The Neandertals*, Nueva York, Vintage, 1992.
- Walker, A., y Leakey, R. (eds.), *The Nariokotome* Homo erectus *Skeleton*, Berlín, Springer-Verlag, 1993.
- Walker, A., y Shipman, P., *The Wisdom of the Bones*, Nueva York, Alfred A. Knopf, 1996.
- Wolpoff, M., *Paleoanthropology*, Nueva York, Alfred A. Knopf, 1980.
- Wood, B., *Koobi Fora Research Project, Volume 4, Hominid Cranial Remains*, Oxford, Clarendon Press, 1991.

Artículos científicos:

No es nuestra intención dar una lista exhaustiva de artículos científicos, generalmente publicados en revistas especializadas de difícil acceso para la mayoría de lectores. Sin embargo, algunos autores y trabajos son directamente aludidos en nuestro texto, y nos ha parecido de justicia citar la fuente.

- Aiello, L., y Dunbar, R., «Neocortex size, group size, and the evolution of language», *Current Anthropology* , 34, (1993), 184-193. Aiello, L., y Wheeler, P., «Brains and guts in human and primate evolution: the expensive organ hypothesis», *Current Anthropology*, 36, (1995), 199-221.
- Arensburg, B., y otros, «A reappraisal of the anatomical basis for speech in Middle Palaeolithic hominids», *American Journal of Physical Anthropology*, 83, (1990), 137-146.
- Arsuaga, J. L., y otros, «Size variation in Middle Pleistocene humans», *Science*, 277, (1997), 1086-1088.
- Arsuaga, J. L., y Martínez, I., «Paleontología humana: el origen de la humanidad. Registro, progreso y debate», en E. Aguirre (ed.), *Paleontología*, C.S.I.C., Madrid, 1989.
- Arsuaga, J. L., y otros, «Three new human skulls from the Sima de los Huesos Middle Pleistocene site in Sierra de Atapuerca, Spain», *Nature*, 362, (1993), 534-537.
- Berge, C., «Interprétation fonctionnelle des dimensions de la cavité pelvienne de *Australopithecus afarensis* (AL 288-I)», *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie*, 78, (1991), 321-330.

- Bermúdez de Castro, J. M., y otros, «A hominid from the Lower Pleistocene of Atapuerca: possible ancestor to Neandertals and modern humans», *Science*, 276, (1997), 1392-1395.
- Bromage, T., y Dean, M., «Reevaluation of the age at death of Plio Pleistocene fossil hominids», *Nature*, 317, (1985), 525-528.
- Brunei, M., y otros, «*Australopithecus bahrelghazali*, une nouvelle espèce d'hominidé ancien de la région de Koro Toro (Tchad)», *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, série IIA*, 322, (1996), 907-913.
- Cabrera, V., y Bischoff, J., «The dates for Upper Paleolithic (Basal Aurignacian) at El Castillo Cave (Spain)»,*Journal of Archaeological Science*, 16, (1989), 577-584.
- Cann, R., Stoneking, M. y Wilson, A., «Mitochondrial DNA and human evolution», *Nature*, 325, (1987), 31- 36.
- Carbonell, E., y otros, «Lower Pleistocene hominids and artefacts from Atapuerca-TD6 (Spain)», *Science*, 269, (1995), 826-830.
- Cavalli-Sforza, L., «Genes, pueblos y lenguas», *Investigación y Ciencia*, 184, (1992), 4-11.
- Cerling, T., y otros, «Global vegetation change through the Miocene/Pliocene boundary», *Nature*, 389, (1997), 153-158.
- Coppens, Y., «East Side Story: the origin of human kind», *Scientific American*, 270, (1994), 62-69.
- De Menocal, P., «Plio-Pleistocene African climate», *Science*, 270, (1995), 53-58.
- Falk, D., «Evolution of the brain and cognition in hominids», *James Arthur Lectures on the evolution of the human brain*, American Museum of Natural History, Nueva York, 1992.
- Fernández-Jalvo, Y., y otros, «Evidence of early cannibalism», *Science*, 271, (1996), 269-270.
- Foley, R., y Lahr, M., «Mode 3 technologies and the evolution of modern humans», *Cambridge Archaeological Journal*, 7, (1997), 3-36.
- Gagneux, P., Woodruff, D., y Boesch, C., «Furtive mating in female chimpanzees», *Nature*, 387, (1997), 358-359.

- Hammer, M., y Zegura, S., «The role of the Y chromosome in human evolutionary studies», *Evolutionary Anthropology*, 5, (1996), 116-134.
- Harcourt, A., «Sexual selection and sperm competition in primates: what are male genitalia good for?», *Evolutionary Anthropology*, 4, (1995), 121-129.
- Hublin, J. J., y otros, «The Mousterian site of Zafarraya (Andalucía, Spain): dating and implications on the palaeolithic peopling processes of Western Europe», *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, série II*, 321(10), (1995), 931-937.
- Hublin, J. J., y otros, «A late Neanderthal associated with Upper Palaeolithic artefacts», *Nature*, 381, (1996), 224-226.
- Johanson, D., y otros, «New partial skeleton of *Homo habilis* from Olduvai Gorge, Tanzania», *Nature*, 327, (1987), 205-209.
- Kappelman, J., «They might be giants», *Nature*, 387, (1997), 126-27.
- Kimbel, W., Johanson, D., y Rak, Y., «Systematic assessment of a maxilla of *Homo* from Hadar, Ethiopia», *American Journal of Physical Anthropology*, 103, (1997), 235-262.
- Klein, J., Takahata, N., y Ayala, F. J., «Polimorfismo del MHC y origen del hombre», *Investigación y Ciencia*, 215, (1994), 14-19.
- Krings, M., y otros, «Neandertal DNA sequences and the origin of modem humans», *Cell*, 90, (1997), 1-20.
- Leakey, M. G., y otros, «New four-million-year-old hominid species from Kanapoi and Allia Bay, Kenya», *Nature*, 376, (1995), 565-571.
- Lieberman, P., y otros, «The anatomy, physiology, acoustics and perception of speech: essential elements in analysis of the evolution of human speech», *Journal of Human Evolution*, 23, (1992), 447-467.
- Lovejoy, C., «The origin of man», *Science*, 211, (1981), 341-350.
- Manzi, G., Vienna, A., y Hauser, G., «Developmental stress and cranial hypostosis by epigenetic trait occurrence and distribution: an exploratory study on the Italian Neandertals», *Journal of Human Evolution*, 3, (1996), 511-527.
- McHenry, H., «How big were early hominids? », *Evolutionary Anthropology*, I, (1992), 15-20.

- Moyà-Solà, S., y Köhler, M., «A *Dryopithecus* skeleton and the origins of great-ape locomotion», *Nature*, 379, (1996), 156-159.
- Parés, J. M., y Pérez-González, A., «Paleomagnetic age for hominid fossils at Atapuerca archaeological site, Spain», *Science, 2*.69,(1995), 830-832.
- Plavcan, J., y Van Schaik, C, «Intrasexual competition and body weight dimorphism in anthropoid primates», *American Journal of Physical Anthropology*, 103, (1997), 37-68.
- Rosenberg, K., y Trevathan, W., «Bipedalism and human birth: the obstetrical dilemma revisited», *Evolutionary Anthropology, 4,*(1996), 161-168.
- Ruff, C.; Trinkaus, E., y Holliday, T., «Body mass and encephalization in Pleistocene», *Nature*, 387, (1997), 173-176.
- Schrenk, E, y otros, «Oldest *Homo* and Pliocene biogeography of the Malawi Rift», *Nature*, 365, (1993), 833-836.
- Semendeferi, K., y otros, «The evolution of the frontal lobes: a volumetric analysis based on three-dimensional reconstructions of magnetic resonance scans of human and apes brains», *Journal of Human Evolution*, 32, (1997), 375-388.
- Seyfarth, R., y Cheney, D., «Mente y significado en los monos», *Investigación y Ciencia*, 197, (1993), 66-73.
- Suwa, G., y otros, «The first skull of *Australopithecus boisei*», *Nature*, 389, (1997), 489-492.
- Swisher III, C., y otros, «Age of the earliest know hominids in Java, Indonesia», *Science*, 263, (1994), 1118-1121.
- Swisher III, C., y otros, «Latest *Homo erectus* of Java: potential contemporaneity with *Homo sapiens* in Southeast Asia», *Science*, 2-74, (1996), 1870-1874.
- Szathmáry, E., y Smith, J., «The major evolutionary transitions», *Nature*, 374, (1995) 227-232.
- Tague, R., y Lovejoy, C., «The obstetric pelvis of A.L. 288-1 (Lucy)», *Journal of Human Evolution*, 15, (1986), 237-255.

- Vrba, E., «Late Pliocene climatic events and hominid evolution», en E. Grine (ed.), *Evolutionary History of the «Robust» Australopithecines*, Aldine de Gruyter, Nueva York, 1988.
- Wheeler, P., «Human ancestors walked tall, stayed cool», *Natural History*, 102, (1993), 65-67.
- White, T., Suwa, G., y Asfaw, B., «*Australopithecus ramidus*, a new species of early hominid from Aramis, Ethiopia», *Nature*, 371, (1994), 306-312.